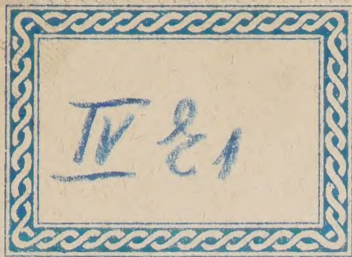




VALENTIN, G.

(Vol. 2)

Lehrbuch

der

Physiologie des Menschen.

Für

Aerzte und Studirende.

Lehrbuch

der

Physiologie des Menschen.

Für

Aerzte und Studirende.

Von

Dr. G. Valentin,
ordentl. Professor der Physiologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Bern.



In zwei Bänden.

Zweiter Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1844.

Inhalt

des zweiten Bandes.

Specielle Physiologie.

Zweite Abtheilung.

Die Lehre vom Nervenleben.

Während die Thätigkeiten des Stoffwandels die Erhaltung des organi- 575
schen Individuums vermitteln, bringen die des Nervensystemes den Menschen oder das Thier in eine selbstständige und keine bloß von den äußeren Verhältnissen abhängige Beziehung zu seiner Umgebung. Die unorganischen Körper werden nur insofern, als physikalische oder chemische Anregungen ihre Attractionszustände afficiren, in Bewegung gesetzt. Ihr Dasein oder ihre Vernichtung, ihre Beständigkeit oder Veränderung hängt einzig und allein von diesen Momenten ab. Alle Gruppirungen ihrer Atome werden bloß auf solche Art zu Stande gebracht oder aufgehoben. Die Pflanzen zeichnen sich vor den unorganischen Massen dadurch aus, daß ihnen eine bewundernswerthe prästabilirte Harmonie eine Reihe von Apparaten verliehen hat, welche unter Voraussetzung einer gehörigen Speisung durch Nahrungsreize und Ernährungssubstanzen Organ an Organ aufbauen und mittelst eines regulirten Stoffwandels nicht nur das Individuum, sondern auch die Gattung erhalten. Sonst dagegen bieten die Gewächse noch jene Passivität dar, die wir an den unorganischen Substanzen wahrnehmen.

Bei den Thieren und dem Menschen tritt aber zu den Erscheinungen der materiellen Selbsterhaltung eine Reihe von Phänomenen hinzu, durch welche das Ich activ in seine Lebensäußerungen eingreift, von den Außenverhältnissen eine selbstständige Kenntniß erlangt und seine Reaction und seinen Willen, vorzüglich durch Bewegungen und deren fernere Wirkungen, zu erkennen zu geben sucht. Das Substrat dieser höheren Lebensäußerungen bildet das *Nervensystem*, von welchem die beiden übrigen Naturreiche keine Spur darbieten. Wie es aber auf diese Weise als der höchste Apparat der animalen Geschöpfe erscheint, so beherrscht es einen Theil der Functionen derselben direct, während es auf einen anderen mehr oder minder indirect einzufließen vermag.

In die Lehre vom Nervenleben gehört aber nicht bloß die Darstellung 576
der Thätigkeiten der nervösen Apparate, sondern auch derjenigen Organe, deren wesentliches Bestimmungsglied ein nervöser Theil bildet, d. h. der *Empfindungs-* und der *Bewegungswerkzeuge*. An und für sich sind alle in diese Kategorie fallenden Organe nach entsprechenden physikalischen Principien eingerichtet. In dem Auge haben wir eine Camera obscura mit passenden Brechungsmitteln der Lichtstrahlen, in dem Ohre eine eigenthümliche Vorrichtung für die Leitung und Concentration der Schallwellen, in dem Geruchsorgane einen Apparat, damit die riechenden dunstförmigen Stoffe vor einer großen Oberfläche auf berechnete Weise vorüber-

strömen, in dem Geschmackwerkzeuge einen solchen, um aufgelöste schmeckbare Substanzen an gewisse Schleimhautstellen gelangen zu lassen, in den Tastorganen endlich eine Hautausbreitung, welche die Affectionen des Druckes, der Temperatur u. dgl. anzugeben vermag. Allein was wäre das Auge ohne Verbindung mit dem Nervensystem? Das Bild der äußeren Gegenstände könnte sich immerhin auf der Netzhaut abspiegeln. Ohne Sehnerven und ohne Gehirn erhielten wir keine Vorstellung von ihm. Alle physikalischen Einrichtungen des Gehör-, des Geruchs-, des Geschmacks- und des Tastorganes wären vollkommen nutzlos, wenn der höhere Einheitspunkt des Nervensystemes oder auch nur der Uebergang zu demselben mangelte.

In Betreff der wichtigeren Bewegungsorgane fände das Gleiche Statt. Wozu alle Muskeln, wenn nicht ein nervöses Princip dieselben nach unserem Willen leitete? Allerdings wäre es denkbar, daß diejenigen Bewegungen, welche vorzugsweise dem Stoffwandel dienen, auch ohne Nervensystem automatisch und durch eigene inwohnende Kräfte thätig sein könnten. Allein dann würde sich das Thier nicht von der Pflanze unterscheiden. Denn auch in dieser finden sich vielerlei Bewegungen, welche Folgen ihres organischen Baues darstellen, die aber eben des höchsten Principes, der Möglichkeit der willkürlichen Anregung, entbehren. Wenn also die Empfindungs- und Bewegungswerkzeuge einen höheren Rang in unserer Organisation einnehmen, wenn sie mit Recht in Verbindung mit dem Nervensysteme als animale Organe vorzugsweise bezeichnet werden, so verdanken sie dieses nur den nervösen Apparaten. Ihre übrigen Theile können entweder geradezu als physikalische Einrichtungen angesehen werden oder bieten mehr oder minder Eigenthümlichkeiten dar, welche sie diesen letzteren Vorrichtungen in höherem oder niederem Grade parallel stellen. Die Gesetze dieser ihrer Wirkungen sind die der Optik, der Akustik, der Mechanik u. dgl.

577 Betrachten wir aber den Gang der Reize, so bieten uns in dieser Hinsicht die objectiven Empfindungs- und die Bewegungserscheinungen ein entgegengesetztes Verhalten dar. Bei den ersteren wird der äußere Eindruck oder ein Aequivalent desselben von der bestimmten Empfindungsstelle nach dem centralen Nervensysteme übergeführt. Sehen wir dieses letztere als End- oder Mittelpunkt der Wirkungen an, so ist der Weg ein centripetaler. Bei den Bewegungserscheinungen hingegen trägt sich der Reiz des Willens oder ein ihm analog wirkendes Agens von dem nervösen Apparate auf die peripherischen der Zusammenziehung fähigen Organe über. Die Bahn wird also zu einer centrifugalen. Wie wir in der Nervenphysiologie sehen werden, hat jede einzelne Nervenprimitivfaser, sofern sie objective Wirkungen anregt, ihre bestimmte ihr zugewiesene Rolle. Sie leitet ursprünglich unter allen Verhältnissen entweder nur centripetal oder centrifugal und trägt ihren Reiz auf keine benachbarte, ihr noch so nahe liegende Primitivfaser über, so lange sie in dem Bereiche der peripherischen Nerven verharrt.

578 Die Empfindungen, deren unser Körper fähig ist, reduciren sich auf

die Wahrnehmungen des Gesichtes, des Gehörs, des Geruchs, des Geschmackes und des Getastes. Statt des letzteren können auch andere Perceptionen, wie die der Temperatur, des Schmerzes, der Wollust oder der bloßen organischen Auffassung eines Reizes hervortreten. Da aber jede Primitivfaser unseres Organismus nur eine bestimmte Thätigkeitsweise, welche ihrer peripherischen Verbreitung entspricht, darbietet, so muß ein Theil derselben bloß die Eindrücke des Sehens, Hörens, Riechens und Schmeckens vermitteln, während ein anderer dem Tasten mit seinen oben erwähnten modificirten oder vicariirenden Thätigkeiten vorsteht. Die erstere Art von centripetalen Nervenfasern nennt man sensuelle, die letztere sensible. Die centrifugalen dagegen heißen, insofern sie nur Bewegungen hervorrufen, motorische. An ihnen unterscheidet man diejenigen, welche die Zusammenziehungserscheinungen von Muskeln leiten, als musculomotorische oder motorische im engeren Sinne, diejenigen dagegen, welche auf die Bewegungsphänomene der contractilen, nicht musculösen Gebilde direct einwirken, als organomotorische Fasern.

Wie aber alle Elemente unseres Körpers nach gewissen symmetrischen 579
Verhältnissen angeordnet sind, so zeigt sich auch in Betreff der Vertheilung der sensuellen, sensiblen und motorischen Nervenfasern eine bestimmte regelmäßige Disposition. Am deutlichsten tritt sie an dem Anfange des peripherischen Nervensystemes, d. h. an den Ursprüngen der Nerven aus dem Gehirn und Rückenmark hervor. Der Sehnerve, der Hörnerve, der Geruchsnerve und größtentheils, wo nicht gänzlich der Geschmacksnerve (N. glossopharyngeus) führen nur sensuelle Fasern, welche bloß ihre speciellen Energieen des Sehens, Hörens, Riechens und Schmeckens darbieten. Da das Rückenmark weder dem Auge noch dem Ohr, weder der Nase noch dem Geschmacksorgane sensuelle Fasern liefert, so können seine Nerven nur sensible oder motorische sein. Nun sehen wir aber die Wurzeln derselben so vertheilt, daß, mit bloßer Ausnahme der ersten, je eine vordere und eine hintere vorhanden ist. Dieser anatomischen Symmetrie entspricht denn auch die physiologische, daß jene der Schmerzensempfindung dient, während diese musculomotorisch ist. Sowie jedoch beiderlei Nervenwurzeln zu einem Rückenmarknerven zusammentreten, legen sich empfindende und bewegende Fasern an einander und vermengen sich mit einander. Der Nerve wird auf diese Art gemischt. Den letzteren Charakter bewahren dann die meisten peripherischen Nerven während des größten Theiles ihres Verlaufes. Die höheren Sinnesnerven allein, wie z. B. der Sehnerve, der Hörnerve halten sich von einer solchen Mischung möglichst frei.

Da jede einzelne Nervenfaser nur ihre specielle Energie besitzt, so kann die Natur des Reizes, welcher sie trifft, den Grundcharakter der Antwort, die hierauf erfolgt, nicht wesentlich ändern. Nur Artunterschiede, nicht aber Gattungsdifferenzen vermögen hierbei hervorzutreten. Es muß z. B. ganz gleichgültig sein, ob wir den Sehnerven mechanisch, galvanisch oder chemisch reizen. Da die Fasern des N. opticus einzig und allein Lichtempfindung hervorrufen, so werden immer, sobald nur überhaupt eine Wirkung zu Stande kommt, Bilder entstehen und diese höchstens qualitativ mehr oder

minder der Verschiedenartigkeit des Reizes entsprechen. Aus demselben Grunde müssen auch dieselben Irritamente, welche in dem Sehnerven die Erscheinung von Licht bedingen, in dem Hörnerven die von Tönen u. s. w. hervorrufen, sobald sie auf einen musculomotorischen Nerven einwirken, Muskelbewegungen, und wenn sie einen gemischten Rückenmarksnerven treffen, Schmerzensempfindungen und Zuckungen erzeugen.

580 Jede Nervenfaser leitet einen Reiz, welcher sie trifft, oder die Wirkung desselben mit einer nicht bestimmt meßbaren, sehr großen Schnelligkeit zu demjenigen ihrer Enden, welcher der Fortpflanzungsrichtung ihrer eigenthümlichen Energie entspricht. In den centripetalen Fasern gelangt daher das Irritament oder dessen Aequivalent zu dem centralen, in den centrifugalen zu dem peripherischen Ende der Primitivfasern. Aus diesem Grundgesetze folgt aber, wie es auch die Erfahrung bestätigt, von selbst, daß es z. B. ganz gleichgültig sein muß, ob wir die Nervenfasern des Sehnerven in der Netzhaut oder in dem Stamme des N. opticus oder in dem Verlaufe derselben in dem Gehirne angreifen. Immer wird diese Reizung durch Lichterscheinungen erwiedert werden. Erfolgt sie durch ein äußeres Bild, welches sich auf der Netzhaut abspiegelt, so muß die Antwort dem objectiven specifischen Verhältnisse mehr oder minder entsprechen. Sie wird dann eine objective Empfindung darstellen. Greifen wir hingegen z. B. die Retina durch bloßen Druck an, so werden unbestimmte Funkenerscheinungen auftreten, welche keinem objectiven Bilde entsprechen. Wir haben dann eine bloß subjective Sinneswahrnehmung.

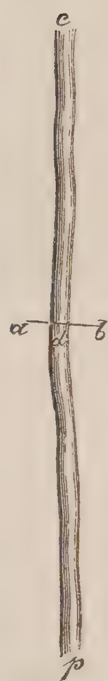
581 Die Auffassungsweise der centripetalen Anregungen charakterisirt sich auf eine eigenthümliche Art. Das Bild z. B., welches sich auf unserer Netzhaut abspiegelt, wird im Gehirn empfunden. Allein nicht dieser Ort der Perception kommt zu unserem Bewußtsein. Wir versetzen vielmehr jenes nach Außen und denken es uns mehr oder minder an den Ort, an welchem es sich wahrhaft befindet. Ja die Feuererscheinungen, welche z. B. durch Druck auf die Retina entstehen, werden von uns so wahrgenommen, als befänden sie sich außerhalb des Augapfels in einer größeren oder geringeren Entfernung von demselben. Während also der Reiz oder dessen Aequivalent reell centripetal fortgeht, wird die durch ihn bedingte Antwort nicht auf den Endpunkt seiner Bahn bezogen, sondern auf die Ausgangsstelle der Reizung, und noch über diese hinaus ideell zurückgeführt. Bei den sensiblen Fasern erfolgt diese Reduction in der Regel auf die Umgebungen der peripherischen Enden der Nerven. Wir fühlen z. B. den Schmerz da, wo wir uns die Haut durchschnitten, verbrannt, geätzt haben. Allein auch ein Mensch, dem man den Hüftnerven trennt, empfindet dasselbe nicht sowohl an der Trennungsstelle, als in der Wade, dem Fuße und überhaupt in allen solchen Theilen, in welchen sich die sensiblen Fasern des N. ischiadicus mit ihren Endschlingen verbreiten.

582 Man sieht aber leicht ein, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen den centrifugalen und den centripetalen Fasern in Betreff der subjectiven Erscheinungen Statt finden muß. Die directen Thätigkeiten der motorischen Fasern können nur objective sein. Fehlen die Muskeln, welche sich zusammen-

ziehen sollen, so vermag auch keine bloß gleichsam subjective Contraction zu Stande zu kommen. Höchstens kann sich das Irritament indirect auf andere Fasern übertragen. Allein dann beginnt eine Reihe von Erscheinungen complicirterer Natur, deren Erörterung in die Darstellung der Nervenphysiologie gehört.

Die vollkommene Thätigkeit eines jeden Nerven setzt nothwendig die 583
Integrität seiner Substanz voraus. Ist diese in seinem ganzen Verlaufe mechanisch oder chemisch zerstört, so hört auch alle Wirksamkeit desselben auf. Betrifft die Verletzung dagegen nur eine einzelne Stelle, so behalten die in ihrer Mischung noch unveränderten Fragmente wenigstens eine Zeit lang ihre ursprüngliche Energie bei. Die Erfolge, welche dann zu Stande kommen, lassen sich aus der allgemeinen Natur der einzelnen Nervenfasern leicht herleiten. Gesetzt, wir hätten eine Nervenprimitivfaser c p, c stelle ihr centrales, p ihr peripherisches Ende dar, und sie sei in a d b durchschnitten worden. Besitzt sie nun eine centripetale, d. h. eine sensuelle oder sensible Energie, so wird ein Reiz, der zwischen d und c angebracht ist, bis nach c fortgeleitet werden und hier seinen subjectiven Sinnes- oder Schmerzenseindruck hervorrufen. Trifft dagegen das Irritament zwischen d und p, so bleibt das Ganze wirkungslos, da der Weg zwischen p und c durch a d b unterbrochen ist. Wenn wir z. B. den Sehnerven bei seinem Eintritt in die Augenhöhle durchschnitten haben, so wird eine mechanische oder chemische Reizung des Chiasma subjective Lichterscheinungen erzeugen, ein Angriff des Sehnerven bei seiner Einpflanzung in den Augapfel dagegen erfolglos bleiben. Aus demselben Grunde muß die Reizung des nach seinem Austritte aus dem Unteraugenhöhlenloche durchschnittenen N. infraorbitalis am Gesichte aller Wirkung entbehren, während Irritation des Stammes in dem Unteraugenhöhlenkanale die heftigsten Schmerzensempfindungen nach sich zieht. Das Umgekehrte wird bei einem motorischen Nerven der Fall sein. Trifft das Irritament den centralen Abschnitt c d, so bleibt alle Wirkung aus, weil die in der Richtung c p fortgehende Leitung bei d unterbrochen ist. Dagegen kommt der Erfolg, sowie der Reiz in dem peripherischen Fragmente d p angebracht wird, auf der Stelle zum Vorschein. Haben wir z. B. den Antlitznerven nach seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchschnitten, so wird seine Reizung im Fallopischen Kanale die Gesichtsmuskeln aus ihrer Ruhe nicht stören, während die heftigsten Zuckungen nach Quetschungen des Gänsefußes auftreten. Bei einem aus sensiblen und motorischen Nervenfasern gemischten Nerven werden sich beiderlei Seiten des Gesetzes zugleich kund geben. Nach Affection des centralen Abschnittes müssen Schmerzen, aber keine directen Muskelzuckungen, nach der des peripherischen Theiles entsprechende Krämpfe und keine Schmerzen erzeugt werden.

Fig. 1.



Die oben erwähnten Grundgesetze der Nerventhätigkeiten mußten vorausgeschickt werden, weil ohne sie viele der speciellen Erscheinungen der Bewegungen und der Sinneswahrnehmungen nicht verstanden werden können. Wollte man aber deshalb die Dar-

stellung dieser Functionen erst nach der Auseinandersetzung der Nervenphysiologie behandeln, so würde man sich nothwendig einer größeren Reihe von Wiederholungen als in dem umgekehrten Falle aussetzen.

Bewegung.

584 Ein Körper befindet sich in Ruhe, wenn zwei gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Kräfte, von denen jede allein seinen Ort verändern würde, auf seine Gesammtmasse einwirken. Denken wir uns die Molecule einer Substanz in den Angriffspunkt c vereinigt, so wird dieser an seinem Platze verharren, wenn ihn eine Kraft ca in der Richtung von c nach a und eine ihr gleiche cb in der Direction von c nach b zu führen sucht. Die einander entgegenstrebenden wirksamen Kräfte müssen sich aufheben und das Bewegungsresultat wird gleich Null werden. Da wir nun aber je zwei Kräfte als zusammensetzende oder Componenten betrachten und aus ihnen nach dem Gesetze des Parallelogrammes der Kräfte die einfache Mittelkraft oder die Resultirende bestimmen können, so wird das Verhältniß das Gleiche bleiben, wenn mehrere Kräfte in verschiedenen Richtungen auf einen Körper einwirken und nur die Resultirenden der einander widerstrebenden Bewegungen gleich und vollkommen entgegengesetzt sind. Wirken z. B. auf den Angriffspunkt c die Kräfte ca in der Richtung von

Fig. 2.

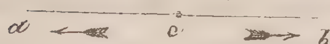
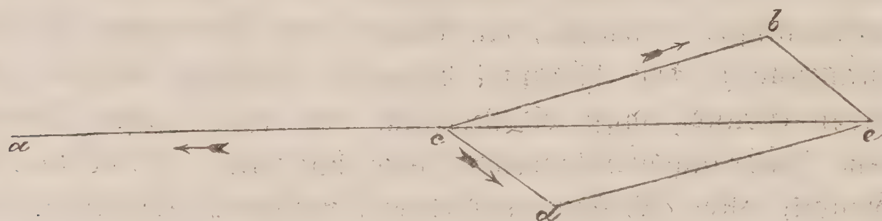


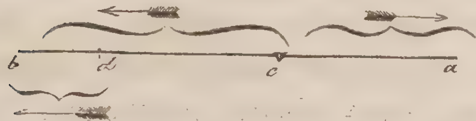
Fig. 3.



c nach a, cb in der von c nach b und cd in der von c nach d, so können wir, wenn wir das Parallelogramm cbed construiren, die Resultirende von cb und cd als ce betrachten. Denn gesetzt, die Kraft cb wirke allein, so wird sie den Angriffspunkt c in einer bestimmten Zeiteinheit, z. B. in einer Secunde, von c nach b führen. Durch die Kraft cd würde er in derselben Zeiteinheit von c nach d oder, was dasselbe ist, von b nach e gebracht. Denken wir uns daher, daß beide Kräfte in zwei successiven Zeiteinheiten wirken, so müßte der Angriffspunkt die Bahn cbe beschreiben, und er würde am Ende der zweiten Secunde in e anlangen. Wirken aber beide Kräfte gleichzeitig, so muß offenbar das gleiche Resultat schon für eine Secunde Statt finden, d. h. der Punkt c wird weder in cb noch in cd, sondern, da das Verhältniß der beiden Kräfte cb und cd in allen Zeittheilchen das Gleiche bleibt, in ce dahingehen. Ist nun aber wiederum die Resultirende ce der anderen Kraft ca gleich und entgegengesetzt, so muß der Angriffspunkt in Ruhe bleiben. Auf ähnliche Weise läßt sich die Aufgabe zerlegen, wenn mehr als drei Kräfte in verschiedenartigen Richtungen arbeiten.

Sind aber die beiden einander entgegengesetzten Kräfte ungleich, so 585
wird der Angriffspunkt derselben fortschreiten und mit einer Kraft, welche der Differenz der größeren und der kleineren gleich ist, in der Richtung der ersteren bewegt werden. Wirkt z. B. auf c die Kraft ca in der Richtung von c nach a und eine zweite cb in der von c nach b und ist ca = cd und cb = ca + db, so wird, da sich ca und cd wechselseitig aufheben, der Angriffspunkt c mit der Kraft db in der Bahn von c nach b fortgetrieben werden.

Fig. 4.



Da alle Körper in jedem Momente einer Reihe von Kräften ausgesetzt bleiben, da Keiner von ihnen in irgend einem Augenblicke von dem Einflusse von Wirkungen näherer oder entfernterer Substanzen befreit ist, so kann auch die Ruhe keine bloße eigenthümliche Beschaffenheit der Massen darstellen. Sie zeigt vielmehr zugleich an, daß die verschiedenen, aber entgegengesetzten Kräfte, welche auf den Körper gleichzeitig wirken, einander das Gleichgewicht halten. Bewegung dagegen ist immer der Ausdruck der Störung des Aequilibers.

Für das Resultat der letzteren ist es vollkommen gleichgültig, aus 586
welcher Ursache die einwirkenden Kräfte hervorgehen, ob diese z. B. auf einer eigenthümlichen Anziehung oder Abstoßung, auf Anprallen des einen und Widerstand des anderen Körpers u. dgl. beruhen. Nur das Quantum der Wirkung kommt in dieser Hinsicht in Betracht. Selbst die Geschwindigkeit und die Masse der bewegenden oder bewegten Substanz ist, wenn man von Elasticitätsgraden, den Reibungswiderständen und anderen Nebenverhältnissen absieht, nur insofern von Bedeutung, als sie das Quantum von Kraft verändert oder vertheilt, erhöht oder vermindert. Die Kraft selbst aber wird durch die Größe der Bewegung, d. h. durch das Product der Masse und der Geschwindigkeit gemessen. Eine und dieselbe Kraft z. B. wird, wenn die accessorischen Widerstände die gleichen bleiben, einen 4 Grm. schweren Körper z. B. 3 Meter weit oder eine 2 Grm. schwere Substanz 6 Meter weit fortführen, weil $4 \times 3 = 2 \times 6$ ist. Dieses vorausgesetzt, können die organischen Bewegungseinrichtungen die Kraftgrößen eben so wenig, als die Maschinen vermehren. Sie sind nur im Stande, die durch ihre wirkenden Elemente hervorgebrachten Kraftquanta auf eine sehr zweckmäßige Weise in Masse und Geschwindigkeit zu vertheilen.

Die Endursachen aller unorganischen Bewegungen lassen 587
sich auf physikalische und chemische Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen zurückführen. Wenn wir z. B. einen emporgehaltenen Stein fallen lassen, so sinkt er so zu Boden, daß er die Horizontalebene des letzteren perpendiculär trifft, weil ihn die Schwere nach dem Mittelpunkte des Erdkörpers zu führen sucht. Er geht so in der Verlängerung des Radius der Erde hinab und gelangt auf den Erdboden in der Peripherie der Kugel oder, wenn wir uns den Erdtheil eben denken, in dem Berührungspunkte der Tangente. Wenn wir ein Capillarröhrchen von Glas in ein Gefäß mit Wasser tauchen, so steigt die Flüssigkeit empor, weil ihre Molecule

von denen der Wandung mit einer stärkeren als ihrer Gravitationskraft angezogen werden.

588 Da aber der Raum nirgends leer ist, so müssen andere Körper bei allen diesen Bewegungserscheinungen verdrängt, d. h. einer Stoßbewegung ausgesetzt werden. Nur wenn sie, was jedoch nie vollkommen Statt findet, absolut nachgeben, kann die Anziehungsbewegung ungeschmälert vor sich gehen. Trifft dagegen ein stoßender Körper auf einen zweiten, der ihm Widerstand leistet, der aber selbst wieder von einem nachgiebigen Körper umgeben wird, so muß sich die Bewegung auf jenen zweiten mittheilen. Da sich hierdurch die Kraftgröße nicht ändert, so läßt sich nach dem oben Angeführten leicht beurtheilen, was die Folge dieses Verhältnisses sein müsse. Gesetzt, eine Kugel von a Grm. stößt mit einer Geschwindigkeit c auf eine Kugel von b Grm., so wird ihre Kraft im Momente des Anstoßens $= m = ac$ sein. Da nun diese dieselbe bleibt, die Massen dagegen bei der Bewegung beider Kugeln $a + b$ werden, so muß dann die spätere Schnelligkeit d kleiner ausfallen. Denn m wird jetzt $= (a + b) d$. Folglich $ac = (a + b) d$ und $d = \frac{ac}{a + b}$. Ist z. B. $a = b$, so haben wir $d = \frac{c}{2}$, d. h. wenn eine Kugel eine zweite von gleicher Masse und gleichem Gewichte in Bewegung setzt, so wird, unter Voraussetzung derselben Nebenwiderstände, die Bewegung beider Kugeln die halbe Geschwindigkeit des Laufes der anstoßenden Kugel darbieten.

589 Die chemische Anziehungsbewegung unterscheidet sich, wie wir uns wenigstens vorstellen müssen, von der mechanischen dadurch, daß sich hier die Atome nicht bloß von dem Orte verdrängen, sondern auch wechselseitig durchdringen oder mindestens beharrlicher an einander haften. Denn offenbar befinden sich z. B. die Molecule des Kali, welches in Wasser aufgelöst worden, nicht mehr in denselben Verhältnissen, wie in dem festen Kali; die der Schwefelsäure in dem schwefelsauren Natron erscheinen nicht mehr als die gleichen, wie in der freien Schwefelsäure. Allein eine klare Anschauung der atomistischen Verhältnisse der Auflösungen und der chemischen Vereinigungen wird so lange mangeln, als die Chemie einer höheren mathematischen Begründung entbehrt, als sie immer noch in Form einer aus vielen empirischen Einzelnheiten zusammengesetzten Wissenschaft auftritt.

590 Eine eigenthümliche unter starken mikroskopischen Vergrößerungen wahrnehmbare Erscheinung führte wenigstens eine Reihe von Forschern zu der Annahme, daß eine besondere Art von mechanischen Bewegungen dann eintreten könne, wenn eine Flüssigkeit auf gewisse in ihr enthaltene kleine Körper eine Anziehung ausübe, in jedem Augenblicke aber durch den Widerstand dieser Molecule an der vollständigen Ueberwindung, an der chemischen Auflösung derselben gehindert werde. Wie schon ältere Forscher, z. B. Gleichen, und später Gruithuisen bemerkten, Robert Brown[1])

---

[1]) Robert Brown's vermischte botanische Schriften, herausgegeben von C. G. Nees von Esenbeck. Bd. IV. Nürnberg, 1830. 8. 141—64.

aber zuerst ausführlich verfolgte, zeigen sehr kleine Atome fester Substanzen, welche in einer Flüssigkeit suspendirt sind, ein fortwährendes Rotiren und Oscilliren, welches man mit dem Namen der Brownschen Molecularbewegung bezeichnet. Die Partikelchen drehen sich um eine ihrer Achsen, heben und senken sich, schwanken hin und her, oder beschreiben kleine Bogen, durch welche sie jedoch bald wieder ungefähr zu ihrem früheren Orte zurückkehren. Eine bedeutende Aenderung der Stelle ihres Aufenthaltes findet hierbei, wenn stärkere Strömungen fehlen, selten Statt. Vielmehr werden ihre Orte nur in einem absolut beschränkten, in Verhältniß zur Kleinheit aber beträchtlichen Raume gewechselt. Sehr deutlich sieht man z. B. diese Erscheinung, wenn man feines Pulver von Asa fötida, die kleinsten Kalkkryställchen oder die Molecule des schwarzen Pigmentes des Menschen und der Thiere, die kleinsten Dotterkörnchen u. dgl. unter Wasser mikroskopisch beobachtet. Allein eben so wenig, als dieses Phänomen für eine besondere Lebendigkeit der kleinen Partikeln zeugt, treten auch hier besondere Anziehungserscheinungen hervor. Wahrscheinlicher Weise reduciren sich alle Bewegungen, welche hier zu Stande kommen, auf Nebenbedingungen, welche in Folge des Temperaturwechsels, der Gravitationswirkungen oder anderer Momente derselben erzeugt werden.

Prüfen wir zunächst die Verhältnisse an Moleculen, welche in dem thierischen Organismus schon vorgebildet existiren, genauer. Rühren wir z. B. einen Wassertropfen mit der in den Kalksäckchen der Frösche enthaltenen milchigten Flüssigkeit zusammen, bedecken das Ganze mit einem dünnen Glasplättchen und untersuchen dasselbe unter einer Durchmesservergrößerung von 250 bis 500, so finden wir, daß die größeren Krystalle, wenn keine Strömung der Flüssigkeit mehr vorhanden ist, vollkommen ruhig liegen, während die kleineren und kleinsten in fortwährender Bewegung begriffen sind, ohne jedoch merklichere Raumstrecken zu durchlaufen. Bald nämlich wälzen sie sich um ihre kürzere oder längere oder schiefe Achse herum. Bald beschreiben sie mit ihrer einen Endspitze einen Kreis, dessen Mittelpunkt die andere Endspitze des Krystalles darstellt. Oder nur die eine Endspitze geht in einem natürlich kleineren Kreise herum, während die andere fix zu bleiben scheint oder sich in geringerem Grade bewegt. Bald hingegen rückt ein Kryställchen, indem es sich zugleich mannichfaltig wälzt, eine kurze Strecke weit fort, verweilt hier eine Zeit lang oder kehrt auch wohl in die Gegend seines früheren Ortes zurück. Bisweilen scheint es auch mit seiner ganzen Masse einen vollkommenen Kreis zu beschreiben oder in einer Spiralwindung, die sich immer in derselben Raumgrenze hält, zu bewegen. Dadurch, daß auf diese Art freilich nicht unmittelbar sichtliche Wellenbewegungen der Flüssigkeit entstehen und so benachbarte Kryställchen auf einander einwirken, kommt es nicht selten zu auffallenderen progressiven Schwankungen, welche sogar bei nicht genauer Beobachtung den Schein von Willkür anzunehmen im Stande sind. Immer aber bildet die Drehung das vorzüglichste und häufigste Phänomen. Natürlicher Weise fällt hierbei die Rotation um die von einer Endspitze zur anderen gehende längere Achse der Kryställchen, die meist sechsseitige Säulchen mit drei- bis sechsfacher Endzuspitzung darstellen, eher in die Augen, als die um die Querachsen, welche sich von einer Seitenkante oder einer Seitenfläche zur anderen erstrecken. Wird ein mittelgroßer Krystall von zahlreichen kleineren, welche in Brown'scher Molecularbewegung begriffen sind, umgeben, so geräth er ebenfalls leicht in Oscillation. Diese hat wahrscheinlich in der Summation der Wellen, welche durch die kleinen Molecule erregt werden, ihre Ursache.

Die kleinsten, in fortwährender Molecularbewegung begriffenen Krystalle messen ungefähr 0''',0006 oder $\frac{1}{20000}$ par. Zoll oder 0,001354 Millimeter. Jedoch bleiben auch häufig Kryställchen, deren längere Achse das Doppelte bis Dreifache der genannten Größe und selbst mehr beträgt, in anhaltender Oscillation. Krystalle mit einer Längenachse

von 0''',0033 oder ungefähr $^1/_{3700}$ pariser Zoll oder 0,007444 Millimeter zeigen nur selten Schwankungen, und diese scheinen meist bloß durch benachbarte kleinere Molecule auf die oben erwähnte Weise mitgetheilt zu werden. Krystalle endlich der größten Art, z. B. solche, deren längste Achse 0''',0066 oder ungefähr $^1/_{1800}$ pariser Zoll oder 0,014888 Millimeter beträgt, bleiben in jedem Falle, wenn keine Strömung Statt findet, ruhig liegen. Uebrigens ist es bei einiger Uebung leicht, die stärkeren Stromsbewegungen von den molecularen zu unterscheiden, ja die letzteren noch innerhalb der ersteren zu erkennen.

Bei der Kleinheit und Gleichförmigkeit der Molecule des schwarzen Pigmentes fällt häufig auf den ersten Blick die progressive Bewegung derselben eher als die der Drehung um ihre Achse in die Augen. Die Körperchen scheinen mehr zu tanzen, sich geradlinigt oder bogig fortzubewegen und nicht selten dann in retrograder Richtung zur Gegend ihres früheren Ortes zurückzukehren. Allein bei genauerer Betrachtung bemerkt man bald auch hier sehr bestimmt die Rotationen, welche auch bei diesen Theilen vorkommen. Am besten eignen sich zu solchen Erfahrungen die länglich runden Pigmentkörperchen, die dann oft ihr vorderes Ende nach hinten oder umgekehrt wenden, oder sich abwechselnd nach einer oder der anderen Seite, nach oben oder nach unten neigen. Bisweilen scheinen vorzüglich solche Atome, welche in der Nähe von anderen liegen, in Oscillation zu gerathen. Jedoch sieht man auch, vorzüglich wenn das Phänomen schwächer ist, einzelne schwanken, während andere ruhen. In manchen Fällen hat es bei flüchtiger Betrachtung das Ansehen, als wenn zwei Körperchen zusammengingen und sich dann wieder von einander entfernten. Allein eine genauere Beobachtung lehrt, daß dieser Fall wenigstens meistentheils darin seinen Grund hat, daß ein Molecul in einem tieferen Niveau des Wassers unter ein höheres hinwegschwimmt und auf diese Weise momentan, theilweise oder gänzlich, verdeckt wird. Ueberhaupt durchkreuzen einander die Bahnen verschiedener Körperchen auf die mannichfachste Art. Die Bewegung selbst tritt im Allgemeinen lebhafter hervor, wenn eine größere Anzahl von Atomen in einem kleineren Raume zusammengedrängt ist. Jedoch dürfen sie dann nicht in bedeutenderer Menge an einander haften. In diesem Falle fehlt jede Oscillation. Alle diese Erscheinungen kehren übrigens in ähnlicher Weise bei den kleinsten Körnchen des Dotters und anderer thierischen Substanzen, bei den feinsten Moleculen der Kohle, des Rußes, des Gummigutti, der Asa fötida u. dgl. wieder.

Häufig bleiben die Körperchen trotz aller Bewegungen in einem beschränkten Raume. Oft dagegen gehen sie in sehr langsam durchschrittenen Bahnen in einer bestimmten Richtung vorwärts. Um dieses deutlich wahrzunehmen, ist bisweilen eine anhaltende Beobachtung desselben Molecules während mehrerer Minuten nothwendig. Man sieht dann deutlich, wie es sich z. B. von einer schwachen Strömung geleitet von dem Faden des Mikrometers immer mehr in einer bestimmten Direction entfernt.

Befindet sich das Pigment in anderen Medien, so läßt sich nur dann ein ganz sicheres Urtheil fällen, wenn man Molecularbewegung deutlich wahrnimmt. Jede negative Erfahrung dagegen bleibt mehr oder minder problematisch. Denn oft vibriren die Theilchen im Anfange und stehen später still, oder umgekehrt. So z. B. schienen mir verdünnte Salzsäure, Essigsäure, Kleesäure, Chromsäure, eine Auflösung von kaustischem Kali oder kohlensaurem Ammoniak, eine vollständig gesättigte Solution von Kochsalz und Weingeist die Oscillationen nicht im Geringsten zu verändern. In concentrirter Salpetersäure dagegen, welche das Pigment gelb färbte und die Entwickelung von Luftblasen anregte, schien die Oscillation bedeutend schwächer zu sein. Noch mehr war dieses in destillirter Schwefelsäure der Fall, indem man hier nur sehr selten ein einzelnes Körnchen sah, welches kaum merkliche Schwankungen darbot. In Baumöl und dickflüssigem Terpentinöl konnte ich keine Spur von Molecularbewegung wahrnehmen. Jedoch darf man zu diesen letzteren Beobachtungen kein Pigment nehmen, welches schon in irgend einem wässerigen Fluidum mechanisch zertheilt ist, sondern muß die Farbemasse, wie sie z. B. an den Choroidea des Auges existirt, unter Wasser abschaben und zum trocknen Rückstande verdampfen. Erst das feine Pulver von diesem kann mit Baumöl oder dickem Terpentinöl vermengt werden.

Die beiden letzteren Substanzen, so wie die destillirte Schwefelsäure verdanken wahrscheinlich einen großen Theil ihrer negativen Wirkung ihrer Zähflüssigkeit. Denn daß

diese die Brown'sche Molecularbewegung hindere, lehrt z. B. folgende Beobachtung. Man nehme ein altes von Fäulniß schon sehr angegriffenes Auge eines Menschen oder Säugethieres, isolire einzelne braun gefärbte Stückchen der schleimig gewordenen Choroidea, zerdrücke sie zwischen zwei Glasplatten und untersuche sie mikroskopisch. Man wird dann finden, daß diejenigen Molecule, welche in der zähflüssigen Zersetzungsmasse masse der Choroidea enthalten sind, meistentheils gar nicht oscilliren, während diejenigen, welche in dem dünneren Fluidum suspendirt erscheinen, die lebhafteste Brown'sche Bewegung darbieten. Diese zeigt sich auch nur sehr selten, so lange noch die Pigmentatome von ihren Zellen vollständig eingeschlossen werden, weil hier dem Eindringen des Wassers ein geringerer Spielraum gegeben ist. Die Pigmentkörperchen des Embryo der Krebse, die Moleculargebilde des Eies des letzteren und der Frösche dagegen zittern, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen, noch innerhalb ihrer Zellen auf das Lebhafteste, weil das neben ihnen enthaltene Eiweiß die aufgelöste Flüssigkeit einsaugt. Unter Oel, wo dieses Verhältniß wegfällt, bleiben auch die Bewegungen aus (Rathke) [1].

Die Geschwindigkeit der Molecularbewegung läßt sich auf keine Weise genau ermitteln. Denn einerseits oscilliren die verschiedenen Körperchen mit ungleicher Schnelligkeit und anderseits durchlaufen sie nicht selten einen Theil ihrer Bahn rascher, einen anderen langsamer. Ueberdies ist die letztere häufig krummlinig und bald schief nach oben oder unten gerichtet, so daß, abgesehen von der Schwierigkeit der Zeitbestimmung, eine exacte mikrometrische Messung des durchlaufenen Weges, wenigstens meiner Ueberzeugung nach, zu den Unmöglichkeiten gehört. Um mir jedoch nach vielen vergeblichen Versuchen einen Schätzungswerth der Langsamkeit dieser Oscillationen zu verschaffen, bediente ich mich folgender Methode. Ueber der Glühlampe wurde ein etwas plattes gläsernes Capillarröhrchen ausgezogen. Dasjenige z. B., welches zu den bald zu erwähnenden Messungen diente, hatte einen Diameter von 0''',085. Hiervon kamen auf die eine Seitenwand 0''',011, auf die andere 0''',020 und auf das Lumen 0''',054. Nun stellt man dasselbe in Wasser, in welchem etwas Pigment eingerührt worden und läßt die Mischung längs des ganzen Röhrchens emporsteigen. Das Fluidum, welches hierzu gebraucht wird, darf nur schwach bräunlich gefärbt sein, weil es sonst die mikroskopische Beobachtung durch seine Undurchsichtigkeit stören würde. Man schmilzt alsdann die beiden Enden der Capillarröhre zu. Hierbei geht etwas Wasser als Dampf davon. Bisweilen wird auch durch den Druck der letzteren das Glas blasig ausgedehnt und zum Bersten gebracht. Man muß sich daher unter dem Mikroskope versichern, daß sich in den beiden verschließenden Endknöpfchen des Röhrchens keine Oeffnung befindet. Auf diese Weise sichert man sich natürlich gegen alle störenden Einwirkungen der Luftströmungen und der Verdunstung. Denn wenn auch der kleine, mit Wasserdampf gesättigte Luftraum etwas mehr Dünste bei der Erwärmung aufnimmt, so ist dieses, wie wir bald sehen werden, von keiner merklichen Veränderung der Molecularbewegung begleitet. Man läßt hierauf das Röhrchen auf dem Mikrometertische des Mikroskopes so lange ruhig liegen, bis keine störende Strömung mehr wahrgenommen wird, hält sich eine Uhr, deren Schläge man vorher für die Minute bestimmt hat, an das Ohr und sucht nun zu ermitteln, welche Distanz ein in dem Längenfaden des Mikrometers anfangs befindliches Körperchen während der Zeitdauer eines einfachen oder eines Doppelschlages durch die Uhr durchläuft. Die Vergrößerung, die ich hierbei gebrauchte, beträgt 340 im Durchmesser. Man wird finden, daß man nur zu höchst ungefähren Resultaten selbst bei der größten Aufmerksamkeit gelangt.

Die Uhr, deren ich mich bediente, machte 120 bis 122 Schläge in der Minute. Es ergaben sich für einen Schlag 0''',0007, 0''',0009, 0''',0009 und 0''',0011 Distanz. Bedenken wir nun, daß selbst die genaueste mikrometrische Messung eine Fehlerquelle von 0''',0003 darbietet, so können wir annehmen, daß die Entfernung für eine halbe Secunde ungefähr 0''',001 beträgt. Die Geschwindigkeit gliche daher für 1 Secunde $\frac{1}{500}$ pariser Linie oder 0,0045 Millimeter und für 1 Minute $\frac{3}{25}$ Linie oder 0,27 Millimeter. Ein Pigmentmolecul hätte sich mithin bei den genannten Beobachtungen $\frac{15 \times 144}{0{,}002}$

[1]) **Rathke in Müller's Archiv 1843. S. 367—71.**

= 1080000 Mal langsamer bewegt, als ein Körper in einem luftleeren Raume hinabfällt. Da wir die mittlere Schnelligkeit des Fortschreitens eines circulirenden Blutkörperchens in den Gefäßen des Froschfußes zu 1/5 bis 1/3 Linie für die Secunde anschlagen können (§. 368), so ergäbe sich hieraus, daß es sich circa 100 bis 166 Mal so rasch bewegt als ein Brown'sches Molecul. Dieses würde, wenn es mit gleicher Geschwindigkeit gerade fortginge, die Länge einer Linie in 8,33 Minuten, die eines Zolles in 1 Stunde 59,40 Minuten und die eines Fußes in 19 Stunden 59,52 Minuten durchlaufen.

Während die Brown'sche Molecularbewegung den Physiologen sehr geläufig ist, haben sie bis jetzt die Physiker sehr wenig untersucht. Offenbar liegt der Grund darin, daß man das ganze Phänomen als die Folge einer Reihe von gewöhnlichen physikalischen Nebenbedingungen ansehen zu können glaubte. Nach Muncke[1]) sollen die vorzüglichsten Ursachen derselben die ungleiche Temperatur des durch den Spiegel des Mikroskopes stark erleuchteten Wassers, die Verdampfung des letzteren, Luftzug und Wärmeströmung darstellen. Da aber die Erscheinung in den oben erwähnten zugeschmolzenen Glasröhren fortdauert, so ergiebt sich von selbst, daß sie nicht bloß durch Luftzug oder Verdunstung hervorgerufen werden kann. Zieht man auch ein solches Röhrchen ein oder mehrere Male durch die Weingeistflamme hindurch, so daß die Temperatur des Luftraumes erhöht wird, so entsteht bisweilen eine wahrnehmbare Verstärkung der Brown'schen Molecularbewegung. Am Schwierigsten, ja fast unmöglich dagegen ist es, sich über die Einflüsse der ungleichen Erwärmung der Flüssigkeitsschichten und der Störungen des Gleichgewichtes derselben genaueren Aufschluß zu verschaffen. Gröbere Schwankungen des Aequiliber erzeugen stärkere Strömungen, in und von welchen die Brown'sche Molecularbewegung bei einiger Uebung unterschieden werden kann. Daß diese auch nicht von größeren Einflüssen der Art herrühre, lehrt folgender Versuch. Man stelle den Tisch, auf welchem das Mikroskop sich befindet, so fest als möglich und bringe ein mit Wasser und schwarzem Pigment gefülltes Röhrchen in den Focus desselben. Nun lasse man das Ganze in einem ruhigen Zimmer unberührt und beobachte es mit möglichster Vermeidung allen Stoßes nach mehreren Stunden. Haben sich die Pigmentmolecule nicht zu Boden gesenkt, so wird man sie noch zitternd antreffen. Wenigstens machte ich diese Erfahrung, nachdem der ganze Apparat von Morgens 12 Uhr bis Nachmittags 3 Uhr, und in einem zweiten Falle von Abends 10 Uhr bis Morgens 6 Uhr gestanden hatte. Ebenso ändern sich die Erscheinungen mindestens häufig auf keine wesentliche Weise, man möge das Object durch Tageslicht stärker oder schwächer oder durch die Kerzenflamme beleuchten.

Dagegen wäre es wohl möglich, daß das Zittern durch andere unbedeutende äußere Verhältnisse entstünde. Bekanntlich wird ein genaues Beobachten astronomischer Gegenstände in einem gewöhnlichen, an einer irgend lebhaften Straße gelegenen Hause wegen des fortwährenden Vibrirens der Gegenstände unmöglich. Schon der eigene Pulsschlag des Beobachters könnte Strömungen erzeugen, welche sich in jener äußerst langsamen Bewegung der Molecule plastisch darstellen. Eben so muß von ihm Wärme ausstrahlen und der untersuchte Gegenstand ungleich temperirt werden, obgleich gerade gegen dieses Moment der angeführte Versuch des Durchziehens durch die Lichtflamme zu sprechen scheint. Höchst wahrscheinlicher Weise rühren die oben erwähnten bedeutenderen Ortsveränderungen von solchen kleinen Gleichgewichtsstörungen, von solchen Minimalströmungen her. Sie fehlen auch in zähflüssigeren Substanzen, deren Widerstand die Größe der anregenden Kraft überwindet, oder sobald sich die Molecule an einen festen Körper, z. B. die Wandung des Glasröhrchens, angelegt haben. Ob sie jedoch die alleinige Ursache darstellen, ob nicht Adhäsions- oder andere Anziehungs- und Abstoßungserscheinungen mitwirken, bedarf noch genauerer Beobachtungen. Denn auffallend bleibt es immer, weshalb z. B. kleine Kochsalzmolecule in einer gesättigten Kochsalzauflösung nicht oscilliren, aus welchem Grunde, wenigstens nach den Erfahrungen von Rob. Brown, in Wasser lösliche Salze überhaupt die Erscheinung nicht zeigen. Sie tritt dagegen bei solchen Körpern, welche sich in dem umgebenden flüssigen Medium nicht lösen, zu ihm aber eine

---

[1]) G. Th. Fechner Repertorium der Experimentalphysik, enthaltend eine vollständige Zusammenstellung der neueren Fortschritte dieser Wissenschaft. Bd. I. Leipzig, 1832. 8. S. 12. 13.

gewisse Anziehung haben, lebhaft hervor. Sollten daher nicht jene mechanischen Verhältnisse das Zittern erzeugen, so könnte man sich möglicherweise denken, daß eine Anziehung in Art einer Centrifugal-, die Trägheit der Molecule dagegen in der Weise einer Centripetalkraft wirkte und daß die Oscillation die Resultirende dieser beiden zusammensetzenden Effecte darstellt. Von einer Lebendigkeit der kleinsten Molecule aber kann nicht die Rede sein. Nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens hat jedoch jene mechanische Vorstellung, welche secundäre unmerkliche Gleichgewichtsstörungen und Strömungen der Flüssigkeit vorausgesetzt, das Meiste für sich.

Natürlicher Weise finden sich in den Organismen zahlreiche physika- 591
lische und chemische Bewegungen, welche mit denen der unorganischen Natur übereinstimmen. Außerdem aber treten in ihnen und zwar vorzüglich bei den Thieren eine Reihe von Bewegungsphänomenen auf, deren Endursachen uns noch gänzlich unbekannt sind. Einzelne Gewebe nämlich besitzen die Fähigkeit, ihren Moleculen zu gewissen Zeiten eine andere Stellung zu geben und hierdurch ihre Dimensionen in einer bestimmten Richtung zu verändern. Die Theile, welchen diese Eigenthümlichkeit zukommt, verkürzen und verlängern sich daher abwechselnd, oder sie contrahiren sich und erschlaffen. Hierbei müssen sie auf andere Gewebtheile, mit denen sie dicht verbunden sind, einwirken und deren Ort verändern. Man nennt daher diejenigen Organe, welche durch die Variation der Stellung ihrer Atome eine Ortsveränderung anderer Elemente anregen, *active*, diejenigen dagegen, welche durch diese gezogen werden, *passive Bewegungsorgane*. Die Eigenschaft organischer Theile, die Position ihrer Molecule zu verrücken, heißt *Zusammenziehungsfähigkeit*, *Contractilität*. Sie bildet die Folge gewisser äußerer Reize, welche die lebenden hierher gehörenden Gewebtheile entweder mittelbar oder unmittelbar treffen. Die Fähigkeit, auf solche Anregungen durch eine veränderte Stellung der Atome zu antworten, führt den Namen der *Reizbarkeit*, der *Reizempfänglichkeit*, der *Irritabilität*. Man sieht hieraus, daß man hier für die Anregungsfähigkeit der eigenthümlichen Energie der contractilen Gewebe dieselben Ausdrücke, wie für die der speciellen Thätigkeit der specifischen Nervenfasern gebraucht.

Die Untersuchung der Contractilitätserscheinungen muß hiernach eine 592
doppelte sein. Entweder studiren wir nämlich nur die Phänomene der Zusammenziehung, ohne Rücksicht auf die Detailwirkungen, welche durch sie an einer bestimmten Stelle des thierischen und menschlichen Körpers hervorgebracht werden. Wir prüfen dann die allgemeinen Erscheinungen der Contractilität. Oder wir erläutern die speciellen Wirkungen, welche die contractilen Elemente bei ihrer Zusammenziehung oder Erschlaffung in einem gewissen Theile der Thiere oder des Menschen hervorrufen. Hiernach werden wir nun zuvörderst mit den Elementarbewegungen beginnen und uns alsdann mit den Specialbewegungen des Menschen beschäftigen.

Elementarbewegungen.

Wenn auch das Nervensystem den Haupterreger vieler Contractilitäts- 593
erscheinungen darstellt, so folgt hieraus doch noch nicht, daß die Irritabi-

lität nothwendiger Weise immer an den Nerveneinfluß als ihre Grundbedingung geknüpft sei. Im Gegentheil haben wir in den Organismen eine Reihe von Bewegungsphänomenen, welche unzweifelhaft dem Nervensysteme nicht gehorchen. Hierher gehören zunächst alle Reizbarkeitsäußerungen, welche im Pflanzenreiche vorkommen, und von thierischen Thätigkeiten die Flimmerbewegung, die Contractilitätserscheinungen einzelner Zellen und die Ortsveränderungen der Spermatozoen, wenn man die letzteren nicht als Thiere, sondern als Gewebeelemente betrachtet. Ob die Zusammenziehung der Muskelfasern und der übrigen contractilen Gewebe des Thierkörpers einzig und allein von dem Nervensysteme abhänge, ob dieses die ausschließliche Grundursache derselben sei oder ob das Nervenprincip nur gleich jedem anderen Reize einwirke, wird in der Folge specieller untersucht werden.

594 Flimmerbewegung[1]). — Sie entsteht dadurch, daß die an den freien Oberflächen der sogenannten Flimmerepithelien befindlichen kleinen Härchen oder Läppchen anhaltend schwingen. Ist der mit ihnen versehene Theil hinreichend befestigt, so daß er dem durch die Bewegungen der Wimpern oder Cilien ausgeübten Stoße einen überwindenden Widerstand zu leisten vermag, so kann das Flimmerphänomen nur in dem umgebenden Medium, z. B. dem Schleime, welcher dasselbe bedeckt, Wellen erregen. Diese werden, wenn sie gleichläufig sind, eine in einer gewissen Richtung dahinlaufende Strömung bedingen. Das Flimmerphänomen erhält auf diese Art die Fähigkeit, leichtere und beweglichere Körper längs der Oberfläche des Wimperepithelium fortzuführen oder deren Bewegung zu unterstützen. Ist dagegen der flimmernde Theil so leicht und so wenig befestigt, daß er den durch die schwingenden Cilien erzeugten Wellen keinen hinreichenden Widerstand zu leisten vermag, so rotirt er selbst oder folgt der Strömung, welchen seine eigenen Flimmerhaare veranlassen. Die Flimmerbewegung kann daher auf diese Weise zu ausgedehnteren Ortsveränderungen ihres Mutterbodens Veranlassung geben.

Um die noch in Thätigkeit begriffene Flimmerbewegung wahrzunehmen, dient am einfachsten folgende Methode. Man schneidet ein Stückchen der flimmernden Membran eines kurz vorher getödteten Thieres mit möglichster Schonung ihrer Oberfläche heraus und faltet sie dergestalt, daß der freie umgeschlagene Rand einen Theil des Flimmerepithelium bildet. Nun befeuchtet man das Ganze mit Wasser, welches bei warmblütigen Geschöpfen nicht zu kalt sein darf, drückt es zwischen zwei Glasplättchen leise zusammen und untersucht es mikroskopisch. Um auf diese Weise die ersten Anschauungen zu gewinnen, dienen am besten ein aplanatisches Ocular und mäßig starke Objective. Auf andere Untersuchungsmethoden, welche mehr die Erkenntniß mancher Einzelheiten bezwecken, werden wir im Verlaufe der Darstellung selbst zurückkommen.

Da die Flimmerbewegung der Säugethiere durch äußere Einflüsse leichter gestört wird, die wesentlichsten Grundmomente aber bei den Amphibien dieselben wie bei jenen

---

[1]) Zusammenstellungen der hierüber bekannt gewordenen Erfahrungen finden sich in: Purkinje und Valentin de phaenomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis cum externis, tum internis animalium plurimorum et superiorum et inferiorum ordinum obvio. Commentatio physiologica. Vratislawiae 1835. 4. Sharpey in Todd Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. I. London, 1836. 8. p. 606—638. R. Wagner Handwörterbuch der Physiologie mit Rücksicht auf physiologische Pathologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 484—516.

Geschöpfen und dem Menschen sind, so gebraucht man am häufigsten Frösche, um die allgemeineren Verhältnisse jenes Phänomens zu studiren.

Die bisherigen Beobachtungen scheinen sämmtlich darauf hinzudeuten, daß das Flimmerphänomen nur in der Thierwelt vorkommt. Kein Pflanzentheil zeigt sich an seinen äußeren oder inneren Oberflächen mit schwingenden Cilien besetzt. Am nächsten schien noch die Vermuthung zu liegen, daß der Kreislauf des flüssigen Inhaltes einzelner Pflanzenzellen, die sogenannte Zellensaftrotation, durch Flimmerbewegung bewirkt werde. Allein bis jetzt konnten z. B. an den Innenwänden der Schläuche der Charen, welche jene Strömung in so auffallendem Maaße darbieten, keine Härchen irgend einer Art wahrgenommen werden. Nach einer neueren Beobachtung von Unger [1]) würde jedoch auch in dem Gewächsreiche ein Fall vorkommen, bei welchem die Flimmerbewegung eine Rolle spielte. Die Sporen der Vaucheria und anderer Conferven zeigen nämlich die Eigenthümlichkeit, daß sie sich bei ihrem Austritte aus ihrem Mutterschlauche und unmittelbar nach jenem sehr lebhaft drehen, später dagegen wieder zu Boden fallen und keimen. Die Rotation aber soll, nach Unger wenigstens, durch vibrirende Haare, welche sich auf der Oberfläche der Sporenkugel befinden, hervorgerufen werden. Allein nach den ferneren Angaben dieses Forschers scheint dieses Flimmerphänomen, über dessen Existenz ich mir bei Mangel eigener Untersuchungen bis jetzt kein Urtheil erlauben kann, von dem der Thiere abzuweichen. Das letztere nämlich erleidet, wie wir in der Folge sehen werden, durch die Einwirkung von narcotischen Giften, keine Veränderung. Die Flimmerbewegung der Vaucheriensporen dagegen soll nach Unger durch wässeriges Opiumextract, Morphin und Blausäure gelähmt worden [2]). Schon diese Differenz allein macht eine erneuerte specielle Untersuchung des Gegenstandes nothwendig.

In dem menschlichen Organismus flimmern einzelne Oberflächen des 595
centralen Nervensystemes oder vielmehr der dasselbe auskleidenden häutigen Bedeckungen, manche Parthieen des Thränenapparates, die Schleimhäute der Nasenhöhle mit den ihrer Nebenhöhlen, die der Luftröhre und der Bronchialverzweigungen der Lungen, der fallopischen Röhren und der Gebärmutter, so wie wahrscheinlicher Weise einzelne Theile der Nieren.

1) In dem centralen Nervensysteme zeigt sich an dem Ependyma der Höhlungen des großen Gehirnes, sowohl des mittleren als der Seitenventrikel ein sehr zartes Flimmerepithelium, dessen Vibrationen im Erwachsenen nur selten wahrgenommen werden können. Häufiger sieht man die stillstehenden Härchen, welche sich dann auf sehr kleinen pallisadenartig neben einander aufgepflanzten Epithelialcylindern befinden. Embryonen des Menschen oder der Säugethiere aber liefern ziemlich leicht eine Anschauung dieser Bewegungserscheinungen; denn hier erhalten sie sich leicht Tage lang nach dem Tode (Purkinje). Eben so kann man auch dann sehr gut wahrnehmen, daß die Oberfläche der Adergeflechte, vorzüglich der Seitenventrikel auf das lebhafteste flimmert. Um aber das letztere Phänomen deutlich zu beobachten, muß man die Einwirkung reinen Wassers möglichst vermeiden, weil dieses die Flimmerzellen sehr leicht zerstört, zum Bersten bringt und unkenntlich macht.

Bei dem Fötus setzt sich bekanntlich das vordere Horn des Seitenventrikels in die Höhlung des Geruchsnerven fort. Hierbei dringt auch zugleich das Flimmerepithelium in diese mit ein. Bei denjenigen Säugethieren, bei welchen eine solche Bildung das ganze Leben hindurch verbleibt, flimmert auch die Innenfläche des hohlen N. olfactorius.

---

1) F. Unger die Pflanze im Momente der Thierwerdung. Wien, 1843. 8. S. 32. 33.
2) a. a. O. S. 74. 75 u. 99.

2) Die innere Oberfläche des Thränensackes und des Thränenganges bietet ein Flimmerepithelium dar. Vielleicht finden sich auch an der oberen und unteren Augenlidfalte oder selbst an einer Strecke der Bindehaut der Augenlider Epithelialzellen mit sehr feinen Flimmerhaaren (Henle)[1].

3) In der Nasenhöhle beginnt das Flimmerepithelium kurz über den Nasenöffnungen. Als ungefähre Grenze desselben kann man eine Linie annehmen, welche man sich von dem vorderen freien Rande des Nasenbeines nach dem vorderen Nasenstachel des Oberkiefers gezogen denkt (Henle). Oberhalb dieser Begrenzung flimmern alle Theile der Nasenschleimhaut, sowohl diejenigen, welche die Nasenscheidewand, als die die Seitenwände, die Muscheln und das Labyrinth des Geruchsorganes auskleiden. Hier kann Jeder leicht das Phänomen an seinen eigenen Epithelialcylindern beobachten, wenn er mit einer zugeschnittenen Feder oder einem anderen passenden Instrumente etwas Schleim aus der Höhe der inneren Nase gewaltsam loskratzt und das Erhaltene unter einem Wassertropfen mikroskopisch untersucht (E. H. Weber).

Das Flimmerepithelium setzt sich übrigens noch in Nebenhöhlen, welche mit der inneren Nase in Verbindung stehen, fort. Hierher gehören die Stirnhöhlen, die Kieferhöhlen und die Eustachischen Trompeten. Das der letzteren reicht bis zu ihrer Einmündung in die Paukenhöhle oder sogar noch etwas in diese hinein, und erstreckt sich anderseits mehr oder minder auf die Umgebungen der Rachenmündungen der Eustachischen Trompeten. Zu gleicher Zeit flimmern auch hier noch das oberste blindsackartige Ende des Pharynx und ein Theil der oberen Parthie des weichen Gaumens. Das Wimperepithelium der letzteren Gebilde steht mit dem der Nasenhöhle in unmittelbarem Zusammenhange.

4) Im Kehlkopfe beginnen die Flimmerzellen unter (oder nach Henle bei Neugeborenen auf) der Epiglottis und setzen sich dann durch den Larynx, die Luftröhre, die Bronchi und die Bronchia bis in die Lungenbläschen hinein fort. Daß auch die letzteren das Phänomen noch darbieten, läßt sich mit Bestimmtheit wahrnehmen.

5) In den weiblichen Geschlechtstheilen zeigen sich zuerst die Flimmercylinder an den Gebärmuttermundlefzen und dem Halse des Uterus und verbreiten sich alsdann von hier aus längs der inneren Oberfläche des letzteren und der Tuben bis zu den gefranzten Enden der Fallopischen Röhren. Während aber die bisher genannten Flimmerepithelien nur unter krankhaften Verhältnissen fehlen, mangeln die der weiblichen Genitalien noch bei neugeborenen Kindern und gehen, wenigstens in der Gebärmutter, bei jeder monatlichen Reinigung und jeder Schwangerschaft zu Grunde. In dem letzteren Falle aber stellen sich neue Flimmerelemente binnen Kurzem wiederum her.

Theoretisch dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, daß auch die Innenfläche des Samenleiters und vielleicht selbst der Samenblasen flimmert. Allein

---

[1]) Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 242.

bis jetzt fehlen noch bestimmte, diese Vermuthung näher erhärtende Thatsachen.

6) Nach Bowmann[1]) besitzen auch die Anfangstheile der Harnkanälchen, welche die Malpighischen Körperchen umgeben (§. 492), ein Flimmerepithelium. Ich habe dieses bis jetzt bei dem Menschen und dem Pferde nicht deutlich wahrnehmen können. Bei dem Frosche dagegen vermochte ich die Wimperbewegung in dem Innern des Nierenparenchymes deutlich zu beobachten. Endlich

7) Läßt sich wenigstens der Analogie nach als wahrscheinlich annehmen, daß auch der menschliche Dotter in einer frühen Entwicklungszeit des Eies Flimmerzellen auf seiner Oberfläche darbiete und mittelst derselben rotire. Wenigstens hat man diese Erscheinung bei Eiern des Kaninchens, welche noch in ihrem Durchgange durch die Fallopische Röhre begriffen waren, beobachtet. Der Discus proligerus war schon geschwunden. Zwischen der Zona pellucida und dem Dotter befand sich ein kleiner mit Flüssigkeit gefüllter Raum. Die Oberfläche der Vitellinarkugel aber hatte sehr zarte Flimmerhaare und wurde durch die Schwingungen derselben fortwährend um ihre Achse gedreht. Jedoch scheint dieses Wimperepithelium sehr rasch zu schwinden, so daß es selten gelingt, Eier, welche das Rotationsphänomen darbieten, aufzufinden (Bischoff)[2]).

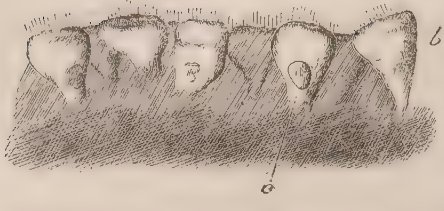
Problematisch bleibt noch die Flimmerbewegung, welche man an der Schleimhaut der dicken Gedärme von Haussäugethieren angegeben hat (Gruby). Bei dem Menschen wenigstens konnte ich hier kein mit Cilien versehenes Epithelium beobachten. Eben so läßt sich über die Anwesenheit desselben in den Nervenfasern des Menschen und der Wirbelthiere noch kein hinreichend sicheres Urtheil fällen. Andere Parthieen, wie z. B. die Schleimhaut der Mundhöhle, die Innenfläche des Trommelfelles, des Herzbeutels, der Kloacke, welche bei einzelnen Reptilien flimmern, bieten diese Erscheinung bei dem Menschen und den Säugethieren nicht dar.

Untersucht man den Umschlagsrand einer Flimmermembran, z. B. der 596
Schleimheit der Mundhöhle des Frasches selbst nur unter einer sehr schwachen Vergrößerung, z. B. von 27 im Durchmesser, so gewahrt man eine längs desselben mit einer scheinbaren nicht unbedeutenden Geschwindigkeit dahin gehende Strömung. Am besten leiten in dieser Hinsicht kleine Körperchen, welche in Wasser suspendirt sind. Unter stärkerer Vergrößerung z. B. einer solchen von 250 Mm. Durchmesser erscheint häufig ein wallender heller Streifen, in dem man nicht immer sogleich die einzelnen Flimmerhaare oder Gruppen derselben erkennt. Dieses wird erst bei einer gewissen Langsamkeit der Bewegung möglich. Steht sie gänzlich still, so zeigen sich die Flimmerhärchen wie feine Pallisaden dicht neben einander. Das Ganze bietet alsdann die in Fig. 5 wiedergegebene Gestalt dar. a bezeichnet hier die ruhenden Flimmerhaare und b die Epithelialcylinder, auf welchen sie befestigt sind. Hat aber das Wasser einige Zeit auf das stillstehende Flimmerepithelium eingewirkt, so vergehen die Flimmerhärchen. Es treten die

---

[1]) Philosophical Transactions for the Year 1842. London, 1842. 4. p. 57 fgg.
[2]) Th. L. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte des Kanincheneies. Braunschweig, 1842. 4. S. 56.

Fig. 5.



hellen, durch die umgebende Flüssigkeit noch ferner veränderten Kerne der Epithelialzellen c durch die obere Wand der letzteren hervor und erscheinen in der Form von milchglasähnlichen Kugeln, welche größtentheils an dem umgeschlagenen Rande der Membran angehäuft liegen, bisweilen aber auch vereinzelt in dem umgebenden Wasser herumschwimmen.

597 Entfernt man das noch in Thätigkeit begriffene Flimmerepithelium durch Abschaben mit dem Messer und rührt die schleimige Masse mit etwas Wasser an, so findet man häufig ganze Gruppen von Flimmercylindern, deren Härchen noch in lebhaften Schwingungen begriffen sind. Meistentheils beobachtet man sie dann, wie dieses auch bei umgeschlagenen Flimmermembranen nicht selten der Fall ist, von der Fläche aus. Man sieht daher aus der Vogelperspective ein fortwährendes Wallen der Härchen, welches bisweilen an die Wellen eines vom Winde bewegten Kornährenfeldes lebhaft erinnert. Nicht selten zeigt sich auf der körnigen Epithelialunterlage eine anhaltend schwankende Bewegung der einzelnen schon mehr oder minder kenntlichen Härchen. Die meisten vereinzelt in der Flüssigkeit vertheilten Epithelialcylinder bieten keine Flimmerbewegung mehr dar. Ja an vielen ist sogar der um die Peripherie ihrer oberen Fläche sonst angebrachte Haarbesatz nicht mehr kenntlich. Andere führen diesen zwar noch; allein die Wimpern sind steif und ausgestreckt. Bei noch anderen ist schon ein Theil der Härchen verloren gegangen, während eine fernere Parthie derselben noch wahrgenommen werden kann. Endlich gewahrt man in manchen Präparaten ganz vereinzelte Zellen, deren Härchen noch lebhaft schwingen. Seltener findet sich der Fall, daß einige Cilien des Epithelialcylinders oscilliren, während die übrigen ruhen. Von ihren Zellen losgelöste Flimmerhaare haben bis jetzt noch nie Bewegungen gezeigt. Eben so wenig läßt sich an den Wänden der Flimmerzellen selbst eine Spur von Contractilität wahrnehmen.

598 So lange das Flimmerphänomen mit großer Lebhaftigkeit vor sich geht, ist man außer Stande, sich über die Bewegungsweise der einzelnen Cilien eine bestimmte Anschauung zu verschaffen. Man sieht nur in dem Flimmerrande ein lebhaftes fortschreitendes Wallen, bei welchem die Schattenlinien einzelner Härchen momentan mehr hervortreten, um wiederum im nächsten Augenblicke undeutlicher zu werden. Verlangsamt sich dagegen die Bewegung, so zeigt sich bei der Verfolgung des Gegenstandes an einer Reihe von Präparaten, daß bei dem Menschen und den höheren Thieren vorzüglich zweierlei Bewegungen auftreten: 1) die Cilie biegt sich und streckt sich ungefähr wie ein Finger, der abwechselnd in Flexion und Extension gebracht wird. Diese Art von Bewegung erscheint besonders bei den platteren läppchenartigen Wimpern der Schleimhäute der Nase, der Athmungsorgane und der weiblichen Geschlechtstheile des Menschen und der höheren Thiere. Oder 2) das Haar schwankt von einer Seite zur andern oder beschreibt einen Kegel, dessen Spitze die Einpflanzungsstelle der Cilie an der Epithelialzelle darstellt,

während dessen Basis von der Spitze der Wimper angegeben wird. Beiderlei Bewegungsweisen können aber auch zugleich vorkommen. Dieses sieht man am besten, wenn man isolirte Zellen, welche noch deutlich schwingen, unter stärkeren Vergrößerungen untersucht. Der bei manchen wirbellosen Thieren dagegen beobachtete Fall, daß sich das einzelne Flimmerhärchen schlangenförmig krümmt, ist bis jetzt bei den höheren Geschöpfen noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden.

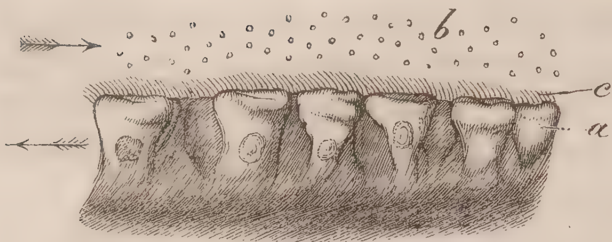
Daß die Schwingungen der Cilien in einer bestimmten Richtung er- 599
folgen, läßt sich an isolirten Flimmerzellen am deutlichsten wahrnehmen. Das Wallen, welches durch sie bedingt wird, geht längs der Hälfte des freien Zellenrandes, welcher unter dem Mikroskope gesehen wird, in derselben Direction von einer Seite zur andern fort. Wahrscheinlicher Weise läuft die Strömung an der andern Seite in entgegengesetzter Richtung und kehrt so in sich zurück. Jedoch ist es sehr schwer, über diesen Punkt, wenigstens bei den cylindrischen Flimmerzellen, eine belehrende Anschauung zu erhalten, weil man diese Epithelialzellen mit ihren noch thätigen Cilien fast immer nur von der Seite und sehr selten von oben aus der Vogelperspective zu untersuchen vermag. Haften noch mehrere Flimmerzellen linear an einander, so ist die Bewegung ihrer Cilien immer gleichläufig.

An den Flimmermembranen stehen die Flimmercylinder pallisadenartig 600
neben einander. Meistentheils aber ist die Oberfläche des Flimmerepithelium nicht eben, sondern bildet ein hügeliges Terrain. Zwischen diesen einzelnen Hügelchen sind häufig ziemlich regelmäßige Thaleinsenkungen vertheilt. An dem Umschlagsrande zeigen sich daher nicht selten Figuren, welche vollkommen an die idealen Durchschnitte von Wellenbergen und Wellenthälern erinnern. Diese Conformation hat auf die Stellung der Flimmercylinder selbst einen wesentlichen Einfluß. Denn während die letzteren in der Mitte des Wellenberges senkrecht aufgepflanzt sind, haben sie in den beiden abfallenden Theilen eine schiefe, von außen nach innen gerichtete Lage, die um so geneigter ausfällt, je tiefer sich das Wellenthal hinabgesenkt hat. Da nun wiederum die Richtung der Flimmerbewegung in benachbarten Zellen gleichläufig ist, so folgt der wallende Flimmerrand denselben Wellenlinien, welche durch die Orte der Epithelialgebilde vorgeschrieben werden.

Läuft aber die Richtung der Flimmerbewegung an jedem mit Cilien 601
besetzten Epithelialcylinder in sich zurück, so muß durch jede einzelne Zelle ein Strudel in der umgebenden Flüssigkeit bedingt werden. Diese Strudel werden in benachbarten Flimmerzellen gleichläufig sein und dann zu complicirteren Bewegungen Veranlassung geben. Da aber eine genaue physikalische Darstellung der hierdurch entstehenden Wellen zur Zeit noch mangelt, so müssen wir uns vorläufig darauf beschränken, die Erscheinungen, wie sie sich dem Auge unmittelbar darbieten, zu schildern.

Um die Wirkungen der Flimmerströmung unmittelbar zu beobachten, dienen am besten kleine Körper, welche in dem eine Flimmermembran umgebenden Medium suspendirt sind. Hierzu eignen sich Blut- und Lymphkörperchen, Pigmentmolecule, kleine Atome, die in der Tinte enthalten sind, zerriebene Sepia, die kleinsten Dottermolecule u. dgl. Untersuchen wir

Fig. 6.



z. B. ein umgelegtes nicht zu großes Stückchen der Mundschleimhaut des Frosches, so werden uns zunächst zweierlei Bewegungen auffallen. Einerseits nämlich rückt die Schleimhaut selbst mit ihren Epithelialcylindern a in einer bestimmten Richtung, z. B. von rechts nach links fort, und anderseits strömt die umgebende Flüssigkeit mit den in ihr enthaltenen Moleculen b längs des umgeschlagenen Randes in entgegengesetzter Direction, d. h. von links nach rechts mit größerer Schnelligkeit, als die Cilienmembran selbst vorbei. Der wallende Flimmersaum scheint häufig der Bewegung der Flüssigkeitstheilchen gleichläufig zu sein, während die schwingenden Härchen c nicht selten eine entgegengesetzte Neigung darbieten. Diese einfachsten Verhältnisse der Strömung sieht man am deutlichsten an solchen Präparaten, bei welchen der umgeschlagene Flimmerrand entweder gerade oder schwach gebogen verläuft und nur sehr kleine Hügelchen darbietet. Häufig aber gehen auch die suspendirten Molecule in krummlinigten Bahnen an der Flimmermembran vorbei. Sie werden nämlich, wenn zugleich die obere Seite der umgeschlagenen Schleimhaut noch lebhaft flimmert, von dieser ebenfalls influencirt und in Bogenlinien gegen dieselbe hingezogen, oder sie verlaufen am Flimmerrande selbst in Curvenlinien, indem sie zuerst auf der Vorderfläche eines Wellenberges hinabgleiten und dann unmittelbar auf der Hinterfläche eines neuen emporsteigen oder vorher in einem breiten Wellenthale dahin gehen, ehe sie wiederum das Maximum ihrer Erhebung erreichen.

Fig. 7.

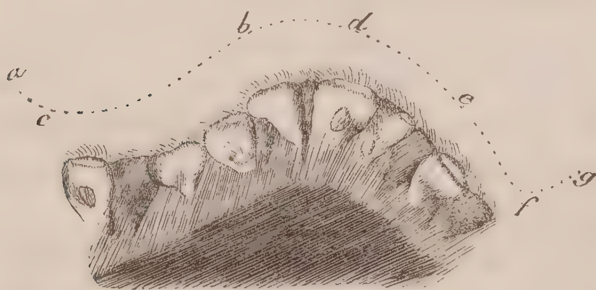
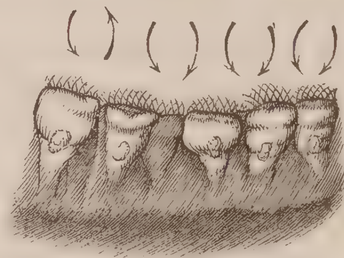


Fig. 8.



Ihre Bahn ist dann entweder a c b oder d e f g (Fig. 7). In manchen Fällen endlich beschreiben sie mehr oder minder bogigte bis kreisförmige Strudellinien, indem sie in der Richtung der Pfeile herumlaufen (Fig. 8). Diese letzteren Wellen und Strudelbewegungen bedingen es, daß die in dem umgebenden Medium befindlichen Körperchen von der flimmernden Oberfläche gleichsam angezogen und bald wiederum abgestoßen werden. Sie verleiteten ältere Forscher zu der Annahme, daß manche thierische Häute ein momentanes Attractionsvermögen auf die einzelnen in der Flüssigkeit enthaltenen Partikelchen ausübten. Eine genauere Untersuchung lehrt aber, daß diese Erscheinungen nur die Folgen der durch die Thätigkeit der Flimmerhaare erzeugten Wellen sind.

Die Geschwindigkeit, mit welcher im Wasser suspendirte Theilchen 602
längs der Flimmermembran dahin strömen, richtet sich nach der Intensität und Schnelligkeit, mit welcher die Wimpern schlagen, der Entfernung, in der die Molecule dahingehen, der Größe und Schwere der letzteren, der Consistenz der Flüssigkeit, welche sie umgiebt, und der Schleimschicht, die der Flimmermembran aufliegt. So lange die Bewegung sehr lebhaft ist, scheint sie auf den ersten Blick mit großer Schnelligkeit zu erfolgen, weil wir in der Regel, um sie zu beobachten, stärkere Vergrößerungen des Mikroskopes gebrauchen und hierbei wohl der durchlaufene Raum, nicht aber die hierauf verwendete Zeit vergrößert wird. Beginnt dagegen das Phänomen zu erlahmen, so zeigen sich die Strömungen selbst unter dem Mikroskope sehr langsam und dehnen sich auf einen immer beschränkteren Bezirk der umgebenden Flüssigkeit aus. Ja häufig erkennt man noch deutlich den wallenden Flimmerrand, während Molecule, die z. B. bei einer Vergrößerung von 175 scheinbar nur $\frac{1}{4}$ Linie, also wahrhaft $\frac{0{,}25}{175} = 0''',0014$ von ihm entfernt sind, vollkommen ruhen. Am öftersten tritt dieses Phänomen ein, wenn eine consistentere Schleimschicht die Oberfläche des Flimmerepithelium bekleidet. Die Distanz ist insofern von bedeutendem Einfluß, als die Strömung um so langsamer wird, je größer der Theil, auf welchen sie wirkt, von dem Flimmerrande absteht. Aus diesem Grunde nähern sich auch diesem die Molecule, welche in den oben erwähnten Wellen- oder Strudelbahnen verlaufen, mit beschleunigter Geschwindigkeit, während ihre Schnelligkeit um so mehr abnimmt, je mehr sie sich wieder später von demselben entfernen.

Um aber diese Größen numerisch zu bestimmen, bedient man sich des- 603
selben Verfahrens, welches schon früher für die Untersuchung der Geschwindigkeit der Blutbewegung in den Capillaren (§. 368) und der Oscillationen der Brown'schen Molecule (§. 590) angegeben worden. Natürlicher Weise lassen sich Beobachtungen der Art nur dann anstellen, wenn die suspendirten Körperchen auf einfache Weise längs des noch vollkommen lebhaften Flimmerrandes dahinströmen und von keinen Strudelbildungen influencirt werden. Jedoch sind selbst in den günstigsten Fällen nur annähernde Resultate zu erwarten. Bei lebhaften frisch enthaupteten Fröschen fand ich durch frühere Beobachtungen, daß Molecule, wie Blut- und Lymphkörperchen, Körnchen schwarzen Pigments u. dgl., längs des vollkommen lebhaften Flimmerrandes der Mundschleimhaut dergestalt dahingetrieben wurden, daß sie, wenn sie mit derselben mittleren Schnelligkeit geradlinigt fortgingen, in einer Minute durchschnittlich 3 Linien und als beiderseitige Grenzen 2 bis 6 Linien durchlaufen würden [1]). Als ich diese Untersuchungen in neuerer Zeit mit Oberhäuser'schen Glasmikrometern und Schieck'schen Fadenmikrometern wiederholte, zeigte sich, daß für eine Bahnstrecke von $\frac{1}{10}$ Mm. im Durchschnitt $\frac{1}{70}$, im Minimum der Zeit $\frac{1}{93}$

---

[1]) R. Wagner Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 506.

und im Maximum $1/_{65}$ Minute erforderlich war. Da nun $1/_{10}$ Mm. = 0,0443296 paris. Linien ist, so haben wir für eine Minute im Mittel 3,1, im Minimum des Raumes 2,9 und im Maximum desselben 4,1 Linien. Man sieht also, daß beiderlei Bestimmungen, von denen jede auf mehreren zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungsreihen beruhen, so weit es solche Erfahrungen überhaupt zulassen, gut stimmen. Halten wir uns an die Mittelwerthe als die sichersten, so haben wir für die Secunde eine Geschwindigkeit von $\frac{3 + 4,1}{2 \times 60} = 0,0591$ paris. Linie. Für die durchschnittliche Secundenschnelligkeit des Durchganges des Blutes durch die Capillaren des Froschfußes fanden wir 0,2225 par. Linien (§. 368). Die letztere ist also ungefähr 4 Mal so groß, als die erstere. Die Brown'sche Molecularbewegung ergab für denselben Werth 0,002 par. Linien (§. 590), d. h. nur $1/_{29}$ bis $1/_{30}$ der Propulsionskraft der Flimmerbewegung.

604 Die Zeit, welche ein einzelnes Flimmerhaar zu einer einmaligen Schwingung braucht, läßt sich nur im Allgemeinen bestimmen. Man zählt zu diesem Zwecke die Zahl der Oscillationen, welche in einer ganzen oder einer halben Minute auftreten, und reducirt den so erhaltenen Werth auf die Dauer einer Einzelschwingung. Nach Krause [2]) wiederholen die Härchen ihre Bewegungen 190 bis 320 Mal in der Minute. Dieses giebt eine einfache Schwingungsdauer von 0,316 bis 0,187 oder von ungefähr $1/_3$ bis $1/_5$ Secunde. An den Kiemen von Anodonta kam ich nur auf 100 bis 150 Oscillationen in der Minute Folglich gehörten zu einer Schwingung 0,6 bis 0,4 oder $3/_5$ bis $2/_5$ Sec. Auch die Flimmermembranen des Frosches, welche ich in neuester Zeit in dieser Beziehung untersuchte, lieferten ähnliche Ergebnisse. Die Mundhaut eines unmittelbar vorher getödteten Thieres der Art zeigte 96 bis 152 vollständige Oscillationen in einer Minute, die genau nach der Secundenuhr bestimmt wurden. Das Mittel aus 10 Beobachtungen dieser Art waren 130,2 vollendete Schwankungen. Eine derselben dauerte also 0,625 bis 0,394 oder $5/_8$ bis $2/_5$ und im Durchschnitt 0,461 oder etwas weniger, als eine halbe Secunde. In den Lungen eines Frosches, der 28 Stunden vorher enthauptet worden, ergaben sich in 4 Beobachtungen 77 bis 96 und im Mittel 85,75 Schwingungen in der Minute. Hier erfordert also eine jede derselben 0,779 bis 0,625 oder circa $4/_5$ bis $5/_8$ Secunden. Der Durchschnittswerth glich 85,75 Oscillationen in der Minute. Eine entsprach daher 0,699 oder $7/_{10}$ Secunde. Der Grund dieser größeren Langsamkeit der Thätigkeit der Härchen erklärte sich daraus, daß die Flimmerbewegung schon wenige Minuten, nachdem das Präparat mit kaltem Wasser befeuchtet worden, still stand.

Uebrigens versteht es sich von selbst, daß bei gleicher Intensität der Kraft der Cilien die Schwingungsdauer um so größer ausfallen müsse, je länger die Härchen sind und je größere Bahnen sie beschreiben. Dieselbe Wirkung wird entstehen, wenn sich die Wimpern innerhalb eines zäheren,

---

[1]) C. F. Th. Krause Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Auflage. Bd. I. 1842. 8. S. 130.

mehr Widerstand leistenden Mediums, z. B. einer dichteren Schleimmasse befinden.

Die Hauptrichtung, in welcher die in dem Wasser suspendirten Molecule längs des Umschlagsrandes einer Flimmermembran dahinströmen, ist in der Regel mehr oder minder constant. Sie läßt sich daher mit Berücksichtigung der Anheftungsweise der vibrirenden Haut genauer angeben. Jedoch dürfen wir bei diesen Untersuchungen nie vergessen, daß das Bild durch das zusammengesetzte Mikroskop umgekehrt wird und daß wir daher durch dieses eine Direction sehen, welche der wahren entgegengesetzt ist. Betrachten wir nun die den Menschen und die Säugethiere zunächst interessirenden Fälle, so ging die Strömung an den Muschelbeinen des Kaninchens von hinten nach vorn, in der Kieferhöhle desselben nach deren Ausmündung hin und in den Athmungsorganen der Henne von dem Kehlkopfe nach abwärts (Purkinje und ich), während sie dagegen bei einem jungen Hunde nach oben verlief (Sharpey). In dem Eileiter der Vögel und Säugethiere streicht sie von den Tuben nach dem Gebärmuttermunde hin (Purkinje und ich, Bischoff)[1] In dem centralen Nervensysteme, dem Thränensacke und den Nieren ist sie bis jetzt noch nicht genauer bestimmt. 605

Bei Muscheln, z. B. an den Kiemen der Anodonten, beobachtet man nicht selten unter dem Mikroskope, daß die Richtung der Flimmerbewegung momentan nach der entgegengesetzten Seite umschlägt. Nachdem nämlich eine Reihe von Härchen eine Zeit lang z. B. nach rechts geschwungen, wendet sie sich plötzlich nach links, vibrirt dann beharrlich nach dieser Richtung und macht hierauf eine abermalige Schwenkung, um in der früheren Direction zu oscilliren. Ob auch Erscheinungen der Art bei höheren Geschöpfen vorkommen, steht dahin. Daß jedoch auch hier ausgedehntere Strudelbildungen die einseitige Strömung modificiren oder selbst unkenntlich machen können, lehrt die unmittelbare Beobachtung.

Die Flimmerbewegung zeigt eine so bedeutende Widerstandskraft gegen äußere Einflüsse, wie keine andere Reizbarkeitserscheinung des thierischen Körpers. Denn man kann beinahe den Satz aufstellen, daß nur solche Momente, welche in die Constitution der Flimmermembran chemisch zerstörend eingreifen, das Phänomen der Oscillation der Cilien aufheben. Wir haben schon früher gesehen, daß es an losgeschnittenen Stückchen von Flimmerhäuten, ja an isolirten Flimmerzellen fortzudauern vermag. Eben so erhält sich die Erscheinung eine sehr geraume Zeit nach dem Tode und zwar wahrscheinlich so lange, als die Einflüsse der Temperatur, der Fäulniß u. dgl. keine wesentlichen chemischen Zersetzungen der schwingenden Härchen bedingen. Bewahrt man einen flimmernden Theil des Menschen oder eines Säugethieres in Blut — welches ein sehr gutes Erhaltungsmittel bildet — auf, so kann man das Phänomen selbst 2 Tage oder noch längere Zeit nach dem Tode beobachten. In dem centralen Nervensysteme von Säugethierembryonen erhält es sich bisweilen 2 bis 3 Tage, sobald nur nicht während dieser Zeit der Schädel geöffnet worden. Bei Fröschen erscheint es nicht selten noch 5 Tage nach dem Tode. Bei einer Schildkröte 606

[1] Th. L. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8. S. 24. 25.

endlich zeigte sich die Oscillation an der Mundschleimhaut noch 9, in der Luftröhre und den Lungen 13 und in der Speiseröhre 15 Tage nach der Enthauptung. Der Herzschlag des Thieres dagegen dauerte nur 1½, die Reizbarkeit der Muskeln 7 Tage nach derselben fort (Purkinje und ich). Durch eine sehr bedeutende Luftverdünnung oder Luftverdichtung wird die Erscheinung, wenigstens bei dem Frosche, nicht aufgehoben. Eben so erhält sie sich in Wasser, welches ausgekocht oder mit Kohlensäure gesättigt worden (Sharpey).

Abgesehen von den bald zu erörternden Einflüssen der Temperatur hat die Aufbewahrungsweise auf die Dauer der Flimmerbewegung einen wesentlichen Einfluß. Durch sie nämlich müssen vorzugsweise zwei störende Momente, die Verdunstung und die chemische Zersetzung, vermieden werden. Lassen wir z. B. den abgeschnittenen Kopf eines Frosches mit geöffnetem Munde liegen, so vergeht das Phänomen binnen wenigen Stunden. Bleiben dagegen die Kiefer geschlossen, so kann es sich in der Winterkälte 2 bis 3, im Sommer 4 bis 5 Tage erhalten. Liegt eine Flimmerhaut einige Zeit im kalten Wasser, so werden die Härchen ruhig, stellen sich zuerst pallisadenartig empor und verschwinden alsdann. In Blut oder Serum bleiben sie Tage lang in Thätigkeit.

Fig. 9.

Um überhaupt zu zeigen, daß der Aufenthalt einer Flimmerhaut in einem luftverdünnten Raume die Schwingungen der Härchen nicht aufhebt, dient folgender einfacher, gewissermaßen ein Barometer darstellende Apparat. Man biege eine Glasröhre, die ungefähr 34 Zoll oder circa 92 Centimeter lang ist, an dem einen Ende a heberartig um und ziehe sie hier bei b in eine zugeschmolzene Spitze aus. Nun wird sie im Ganzen mit ausgekochtem Quecksilber gefüllt. Die zwischen den Glaswänden befindlichen Luftbläschen sucht man zuerst durch vorsichtiges Anklopfen und dann durch Auskochen zu entfernen. Ist dieses geschehen, so führt man mittelst eines Drahtes Stückchen der flimmernden Haut so ein, daß sie zwischen dem Quecksilber und der Glaswand bei c zu liegen kommen und der letzteren ankleben. Hierbei müssen sie so zusammengelegt sein, daß ihre flimmernden Oberflächen einander zugekehrt sind, weil sonst die Härchen wenigstens zu einem großen Theile durch das Quecksilber oder die Glaswand abgestreift würden. Hierauf wird das obere Ende d hermetisch geschlossen. Am besten geschieht dieses durch einen kleinen eingepaßten Bleiconus, den man vorher mit Schmirgel glatt gerieben und durch nachträgliche Verschließung mit einem luftdichten Kitte. Nun stellt man die Röhre mit dem Theile b auf einem Teller auf und kneipt die zugeschmolzene Spitze b ab. Ein Theil des Quecksilbers stürzt dann in einem Strahle hervor. Endlich aber bleibt die Mercursäule, z. B. bei e stehen. Die Fragmente der Flimmermembran c befinden sich jetzt in dem luftverdünnten Raume de. Nachdem man sie eine beliebige Zeit in diesem gelassen, öffnet man den Verschluß bei d, so daß das Quecksilber bei b so lange ausfließt, bis es in beiden Heberarmen in hydrostatischem Niveau steht, und untersucht die Flimmerhaut unter dem Mikroskope.

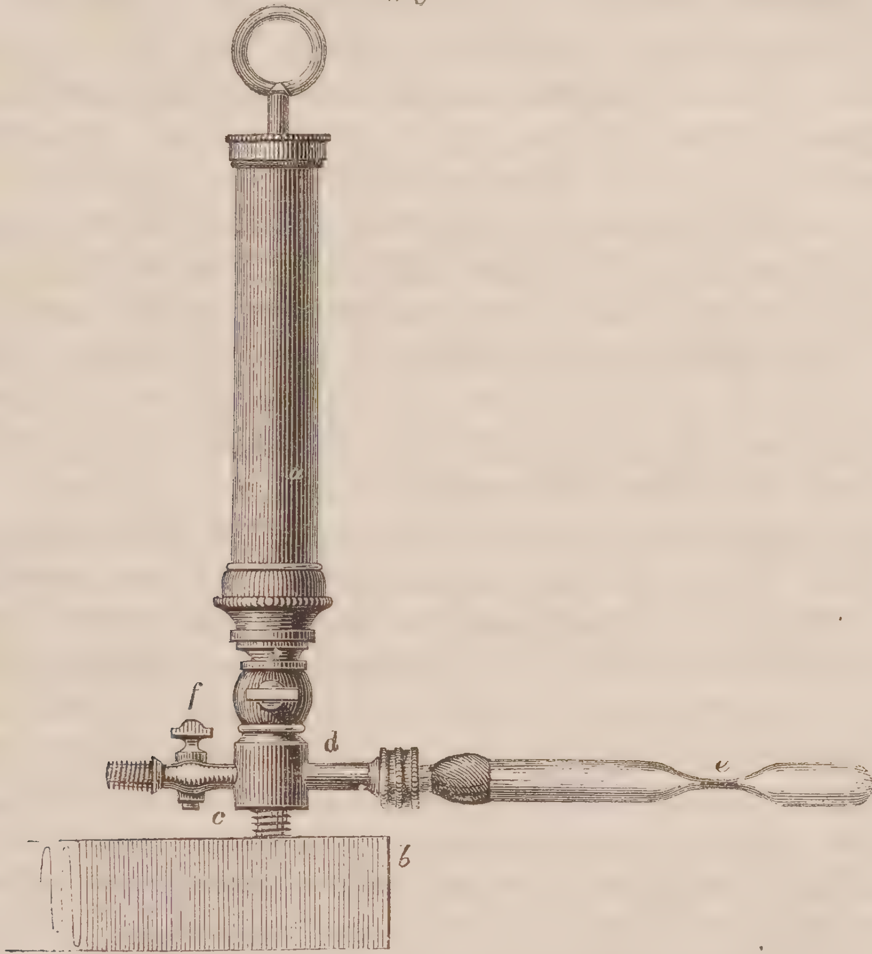
In dem Raume de kann nie ein Vacuum erzielt werden. Denn einerseits ist es bei diesem Versuche unmöglich, alle Luft abzuhalten, und anderseits entbinden die Flimmermembranen selbst Wasserdämpfe. Bestimmt man aber, um wie viel höher die Quecksilbersäule in ad als in ab steht, und vergleicht diesen Werth mit dem actuellen Barometerstande, so erhält man dann aus der Differenz von beiden den Druck, welchen die Luft und die Wasserdünste in dem verdünnten Raume de ausüben.

Zwei Versuche der Art ergaben das gleichförmige Resultat, daß die Flimmerbewegung in den eingebrachten Schleimhautstückchen der Mundhöhle und der Lungen eines frisch getödteten Frosches, nachdem sie das eine Mal 5 und das andere Mal 15 Minuten in de verweilt, ungestört blieb. Zur Zeit, wo beide Beobachtungen angestellt worden, glich der Barometerstand 725 Millimeter. In dem ersten Versuche stand das Quecksilber in ad um 705, in dem zweiten um 706 Millimeter höher, als in ab. Die Luft und die Wasserdämpfe übten daher in Nr. 1 einen Druck von 20 Millimeter oder ungefähr 1/36 der atmo-

sphärischen Pression, in Nr. 2 dagegen einen solchen von 19 Millimeter oder ungefähr $^1/_{37}$ des Luftdruckes aus.

Um diese Versuche exacter zu machen, bedient man sich am einfachsten einer kleinen Gay-Lussac'schen Handluftpumpe, wie sie zu elementaranalytischen Untersuchungen

Fig. 10.



gebraucht wird. Man schraubt diese a in einen festen Klotz b so ein, daß ihre beiden Branchen c und d seitlich frei hervorragen. Nun schmilzt man eine hinreichend weite mit dünnen Wänden versehene Röhre an dem einen Ende zu und macht ihre Wände in einer Strecke ihres Verlaufes eben. An diese geradlinigte Wand befestigt man umgeschlagene Stückchen einer Flimmermembran, z. B. bei e, und umgiebt jedes mit einem Wassertropfen. Das andere Ende der Röhre wird dann luftdicht an die Branche d der Luftpumpe a so befestigt, daß man die Flimmerhautstückchen unter dem Mikroskope beobachten kann. Die zweite Branche c wird entweder durch den Hahn f luftdicht verschlossen oder man fügt an sie ein Luftpumpenbarometer, um den Grad der Verdünnung zu messen. Auch hier kann es zu keinem vollständigen Vacuum kommen, weil die Flimmerhäute wiederum Wasserdämpfe entbinden und es fast unmöglich ist, eine so dünne Röhre, als e ist, luftleer zu machen. Wenn man aber auch noch so stark ausgepumpt hat, erhält sich die Flimmerbewegung, sobald nur nicht indeß das Flimmerepithelium zu sehr ausgetrocknet und auf diese Weise zerstört worden.

Das Licht scheint die Flimmerbewegung nicht wesentlich zu influenci- 607
ren. In unserem lebenden Körper befinden sich natürlich die Cilien, welche im Gehirn, den Lungen, den weiblichen Geschlechtstheilen u. dgl. vorkommen, in dunkeln Räumen, ohne daß ihre Thätigkeit gestört wird. Diese zeigt auch keine Veränderung, wir mögen sie in einem schattigern oder hellern Raume untersuchen. Deutlicher treten die Wirkungen der Temperatur hervor. Sehr hohe Wärmegrade heben natürlich das Flimmerphänomen auf, indem sie die mit Cilien versehenen Epithelialzellen zum Vertrocknen

bringen oder sogar verkohlen. In kochendem Wasser oder in einer sonst unschädlichen Flüssigkeit, welche selbst geringere Wärmegrade darbietet, verschwinden die Härchen. Die Epithelialcylinder lösen sich zugleich von einander und von ihrer Unterlage los. Jedoch bedingt hier die Dauer des Effectes wesentliche Unterschiede. Flimmerhäute der Säugethiere und Vögel z. B. konnten einen Augenblick in Wasser von 81° C. untergetaucht werden, ohne daß das Phänomen aufhörte. Ein längerer Aufenthalt in einem solchen Medium dagegen wirkte zerstörend ein. Kiemenstücke von Unio verweilten ½ bis 2 Minuten in Wasser von 44 bis 41° C. ohne Nachtheil (Purkinje und ich). Relativer gestalten sich die Einflüsse niederer Temperaturgrade. Denn die Flimmerhäute warmblütiger Geschöpfe scheinen gegen geringe Wärmegrade empfindlicher als die von kaltblütigen zu sein. Die Schleimhaut der Luftröhre eines Kaninchens, welche einer Temperatur von + 6° C. ausgesetzt worden war, hörte auf, ihre Schwingungen darzubieten (Purkinje und ich). Im Winter fehlen sie leicht kurze Zeit nach dem Tode eines Säugethieres.

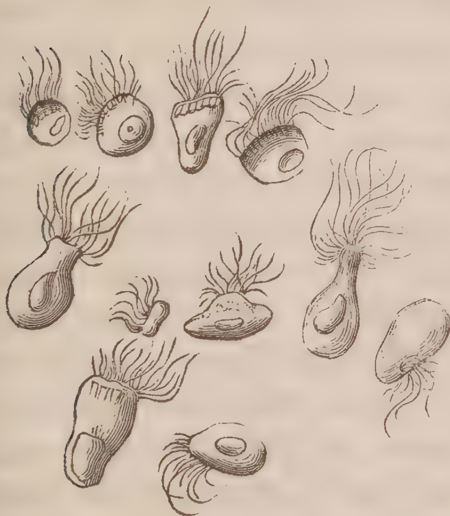
608 Die Reibungselectricität verhält sich gegen das Flimmerphänomen indifferent. Die Härchen bewegen sich ungestört fort, wenn auch ein starker elektrischer Schlag die Flimmermembran unmittelbar vorher getroffen hat. Auch der Galvanismus wirkt nur insofern, als er chemische Zersetzungen hervorruft. Appliciren wir die Elektroden einer aus 10 bis 20 Plattenpaaren bestehenden galvanischen Säule an den umgeschlagenen Rand einer Flimmerhaut, so steht die Bewegung nur da still, wo chemische Effecte eingetreten sind. In dem Zwischenraume sowohl, als jenseits der Orte der elektrochemischen Wirkungen halten die Schwingungen der Härchen so lange an, als nicht das umspülende Wasser größere Mengen der zerstörenden Säuren und Alkalien aufgenommen hat. Anlegung eines noch so starken Magneten an eine Flimmermembran bringt keine Veränderung irgend einer Art hervor.

609 Verdünnte Säuren und Auflösungen von Alkalien und Salzen heben nur dann, wenn sie corrodiren können, die Flimmererscheinung augenblicklich oder nach kurzer Zeit auf. Dasselbe gilt auch von allen organischen Stoffen ohne Ausnahme. Aus diesem Grunde wirkte keine der bisher geprüften Substanzen in 100000facher Wasserverdünnung. Bei einer ausführlichen von Purkinje und mir meist an den Muschelkiemen angestellten Versuchsreihe hemmten aber schon Essigsäure, kaustisches Ammoniak und Chorspießglanz in 10000facher, Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd oder von Brechweinstein in 1000facher, Benzoesäure, Kleesäure, Holzessigsäure, verdünnte Schwefelsäure der preußischen Pharmacopö, Schwefeläther, schwefelsaures Eisenoxyd, doppelt kohlensaures Kali, Jodkalium, weinsaures Kali und schwefelsaures Zinkoxyd in 100facher und Alkohol, Kalialaun; Chlorammonium, Kalkwasser, Chlorbaryum, Kirschlorbeerwasser, Bromkalium, Cyankalium, einfach schwefelsaures Kali, Mixtura camphorata, Chlornatrium, empyreumatisches Oel und essigsaures Bleioxyd in 10facher Verdünnung. Die nachtheiligen Folgen traten jedoch hierbei in ungleichen Zeitabschnitten hervor. Kreosot-

wasser, Lösungen von schwefelsaurem Chinin und salzsaurem Veratrin und der Aufguß von Radix pyretri störten nur dann, wenn sie sich in ganz concentrirtem Zustande befanden. Unwirksam dagegen blieben concentrirte, frisch bereitete Blausäure, möglichst starke Lösungen von Aloë- oder Belladonnaextract, Catechu, Moschus, Mimosenschleim, eine Solution von essigsaurem Morphin, der Wasserextract des Opium, Auflösungen von Salicin oder Strychnin und die Wasserabkochung von Capsicum annuum. In anderen Versuchen zeigten sich zwar Blausäure und salzsaures Morphin hemmend (Sharpey). Jedoch fragt es sich, ob nicht die Flüssigkeiten Stoffe, wie z. B. Alkohol enthielten, welche diese abweichenden Effecte hervorriefen. Von thierischen Fluidis erscheinen der Speichel und bisweilen der Harn indifferent, während die Galle in der Regel hemmend eingreift. Daß das Blut das Flimmerphänomen erhalte, wurde bereits früher bemerkt.

Im Gehirn, der Nasenhöhle, der Luftröhre und den Lungen trifft 610
man die Schwingungen zu allen Zeiten des Lebens an. Hier finden sie sich sogar bei Embryonen, die nur wenige Zoll Körperlänge besitzen. Anders dagegen verhält sich die Sache, wie schon zum Theil bemerkt wurde, in den weiblichen Genitalien. Hier fehlt die Flimmerbewegung bei Neugeborenen und jungen Individuen. Im Uterus geht sie übrigens mit jedem Eintritte der Regeln und der Schwangerschaft zu Grunde. In dem letzteren Falle mangelt das Flimmerepithelium an allen Stellen, wo das Ei angeheftet ist, existirt aber (bei Säugethieren) in den frei gelassenen Zwischenräumen. Nach dem Aufhören der genannten Zustände der weiblichen Genitalien wird dann auch wieder die Flimmerbewegung wahrgenommen. An dem jungen Eie der Säugethiere (des Kaninchens) scheinen die Flimmerhaare eine nur sehr transitorische Existenz zu besitzen (Bischoff)[1].

Fig. 11.



Ueber die Verhältnisse der Flimmerbewegung in Krankheiten liegen bis jetzt noch wenige Beobachtungen vor. Hier scheinen zweierlei Grundphänomene den Mangel derselben zu bedingen. 1) Es werden in Folge des pathologischen Processes die oberflächlichen Flimmercylinder losgelöst. Unmittelbar darauf bilden sich keine neuen, sondern unvollständigere Epithelialformationen oder deren Rudimente. Dieses sehen wir bei heftigen Katarrhen der Nase oder der Lungen eintreten. Im Anfange des Nasenkatarrhes werden dann eigenthümlich gestaltete Flimmerzellen, wie sie Fig. 11. zeigt, ausgestoßen. Ihre Härchen schwingen noch sehr lange Zeit nach ihrem Abgange aus der Nasenhöhle (Bühlmann)[2]. Oder 2) in Folge des krankhaften Processes entstehen flüssige Exsudate, Eiter, Jauche u. dgl., welche auf das Flimmerepithelium corrodirend wirken. Da-

---

[1]) Th. L. W. Bischoff, Entwickelungsgeschichte des Kanincheneies. Braunschweig, 1842. 4. S. 56.

[2]) F. Bühlmann, Beiträge zur Kenntniss der kranken Schleimhaut der Respirationsorgane und ihrer Producte durch das Mikroskop. Bern, 1843. 4. S. 41.

her vermissen wir die Flimmerbewegung so häufig in dem Gehirn von Typhösen, Hydrocephalischen, bei Ocaena, bei Phthisischen u. dgl. Faser- oder andere Polypen der Nasenschleimhaut sind sehr häufig von einem lebhaft schwingenden Flimmerepithelium bekleidet. Dieses wird dann durch die Desorganisationsmasse, welche von der Faserlage der Schleimhaut ausgeht, emporgehoben. Bei Gebärmutterpolypen erhalten sich die Flimmerzellen seltener, weil sie hier leicht durch die nebenbei Statt findenden Absonderungen zerstört werden.

611 Wie schon die fortdauernde Vibration der Härchen einer oder weniger isolirter Flimmerzellen zeigt, ist die Flimmerbewegung eine durchaus isolirte Erscheinung, welche zunächst nur von der Integrität der bei ihr unmittelbar thätigen anatomischen Elemente abhängt. Hieraus folgt von selbst, daß die beiden vorzüglichsten allgemeineren Systeme des Körpers, das Blut- und das Nervensystem keinen directen Einfluß auf das Phänomen ausüben werden. Dieses bestätigt auch die Erfahrung. Das Flimmern bleibt durchaus das Gleiche, man mag das Thier durch Verblutung getödtet oder durch Strangulation umgebracht und daher im letzteren Falle die gesammte normale Blutmenge noch im Körper gelassen haben. Unterbindung des von dem Herzen abgehenden Arterienstammes des Frosches ändert die Flimmerbewegung der Lungen nicht im geringsten. In dem isolirten Froschkopfe ist die Erscheinung noch eben so lebhaft, als während des Lebens des Thieres. Man kann selbst lospräparirte Schleimhautstückchen zwischen zwei Glasplättchen aufheben. Sie werden am folgenden Tage, wenn sie nicht eingetrocknet sind, die Schwingungen ihrer Cilien in größter Vollkommenheit darbieten.

612 Die Unabhängigkeit von dem Nervensysteme läßt sich ebenfalls auf indirecte Art nachweisen. Daß isolirte Schleimhautstückchen eine Zeit lang fortvibriren, daß die heftigsten Narcotica, wie z. B. Strychnin, effectlos bleiben, daß sich nach der Tödtung des Thieres durch nervenlähmende Substanzen die Flimmerbewegung erhält, beweist weniger, als auf den ersten Blick scheint. Denn auch die aus dem Körper geschnittenen Muskeln, deren Beziehung zu dem Nervensysteme nicht zu läugnen ist, behalten ihre Reizbarkeit eine Zeit lang bei. Dieses dauert auch noch im Anfange bei Thieren fort, welche durch narcotische Gifte ihr Leben eingebüßt haben. Ebenso verliert ein motorischer Nerv dadurch, daß man ihn in Strychninlösung taucht, noch nicht seine Wirksamkeit. Bindender dagegen ist folgender Versuch. Man durchschneide einem Frosche im Sommer das Rückenmark an seiner Uebergangsstelle in das verlängerte Mark und zerstöre das ganze centrale Nervensystem durch einen eingeführten Stab. Wenn man will, kann man dann noch durch einen glühenden Draht alle Theile, welche in dem Schädel und der Wirbelsäule liegen, verbrennen. Nun lasse man das Thier 3—4 Tage mit geschlossenem Munde liegen, so daß es vollkommen austrocknet und daß der Inhalt seiner peripherischen Nerven überall schon seit 1 bis 2 Mal 24 Stunden geronnen und zersetzt ist. Die Flimmerbewegung wird dann, wenn der Versuch gut gelingt, auch nicht den geringsten Unterschied von der des lebenden Frosches darbieten.

613 Unter diesen Verhältnissen müssen wir frei bekennen, daß uns die Ursache, welche die Schwingungen der Härchen veranlaßt, noch gänzlich

unbekannt ist. Daß die anregenden Momente dieser Thätigkeit rein physikalische Erscheinungen seien, läßt sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen weder bestimmt behaupten, noch mit Sicherheit widerlegen. Eben so wenig wissen wir, ob die Bewegung in den Härchen selbst liegt oder ob diese von ihren Wurzeltheilen aus, also von dem Innern der Flimmerzellen her in Bewegung gesetzt werden.

Nicht minder dunkel bleibt der Zweck dieser eigenthümlichen Erschei- 614
nungen. Betrachten wir die sichtlichen Folgen derselben, so concentriren sich diese, so weit das Flimmerepithelium in dem Körper des Menschen und der Säugethiere verbreitet ist, auf drei Hauptpunkte: 1) Das Ei als eine kleine Masse wird durch seine transitorischen Flimmerhaare eine Zeit lang um seine Achse gedreht. 2) Durch die Vibration der Härchen, die an befestigten Theilen angebracht sind, entstehen Strömungen, welche benachbarte Flüssigkeiten und in diesen suspendirte feste Körperchen in einer bestimmten Richtung fortführen. Auf diese Art ließe sich annehmen, daß allmälig Nasenschleim nach dem vordersten und untersten Theil der Nasenhöhle geführt werde und hier durch Verdunstung zu festeren Massen erhärte und daß in ähnlicher Weise Lungenschleim nach dem Kehlkopfe gelange. Allein schon bei den weiblichen Genitalien stößt diese Ansicht auf Widersprüche. Die Flimmerbewegung geht hier in der Richtung von den Tuben nach dem Uterus vorwärts. Hiernach könnte sie nur die Wanderung des Eichens nach der Gebärmutter, nicht aber die der Spermatozoen nach dem Eierstocke unterstützen. Es läßt sich aber nicht deutlich einsehen, weshalb die Natur das Ei durch die Flimmerbewegung und nicht durch die kräftigeren peristaltischen Tubenzusammenziehungen fortschieben sollte. Für die Weiterbeförderung des Samens könnte die Vibration der Härchen nur dann dienen, wenn sie momentan aus ihrer habituellen Richtung umwendete, wie dieses oben (§. 605) von den Muschelkiemen angegeben worden. Oder 3) die Flimmerbewegung hat zum Zweck, durch ihren Strudel jeden Augenblick andere Flüssigkeitstheilchen mit dem Epithelium in Berührung zu bringen. Dieser Erfolg findet allerdings Statt. Allein seine specielle Bestimmung läßt sich für jetzt weder chemisch noch physiologisch einsehen. Ob dadurch die flimmernden Oberflächen und deren Absonderungsproducte eine eigenthümliche Beschaffenheit erhalten oder ihre Integrität bewahren, ist gänzlich unbekannt. Es läßt sich daher nur behaupten, daß das Flimmerphänomen moleculare Bewegungen, deren fernere Folge uns noch gänzlich entgehen, hervorzurufen im Stande sei.

Contractilitätserscheinungen einzelner Zellen. — Bis jetzt 615
kennt man noch keinen Fall, in welchem isolirte Zellgebilde des Menschen oder der höheren Thiere selbstständige abwechselnde Zusammenziehungs- und Ausdehnungserscheinungen darböten. Untersucht man z. B. ein Segment der flimmernden Zungenschleimhaut eines eben getödteten Frosches, so zeigt sich zwar bisweilen, daß die Hügel des Epithelium unter den Augen des Beobachters ihre Gestalt ändern. Allein es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß dieses durch die Contractilität der noch anhaftenden quergestreiften Muskelfasern hervorgerufen werde. Ueberdies verhalten sich hierbei die

einzelnen Epithelialcylinder durchaus passiv. Bei wirbellosen Thieren dagegen finden sich Beispiele, in welchen isolirte Zellen die lebhaftesten Contractilitätserscheinungen wahrnehmen lassen.

Hierher gehören vor Allem die von R. Wagner [1]) beschriebenen Chromatophoren der Sepien und die von Siebold [2]) beobachteten Dotterzellen der Planarien. Das fleckige Ansehen der Haut der Dintenfische entsteht nämlich durch Pigmentzellen, welche in zwei Schichten an isolirten Stellen der Lederhaut abgelagert sind. Das mehr in der Nähe der Oberhaut befindliche Stratum von Zellen führt rostfarbenes, das tiefere gelbes Pigment. Schneidet man nun ein Stück Haut aus einer eben getödteten Sepie aus, so zeigen sich, so lange die Reizbarkeit des Präparates dauert, pulsatorische Zusammenziehungen und Ausdehnungen dieser Zellen. Jede derselben verwandelt sich im Augenblicke der stärksten Contraction in ein kugelähnliches Gebilde a Fig. 12, in welchem die Pigmentmolecule sehr dicht bei einander liegen. Die Färbung der kleineren Stelle erreicht daher ihre möglichste Intensität. Bald darauf dehnt sich aber die Zelle zu einem verhältnißmäßig sehr großen Sterne b, der viel mehr Rauminhalt besitzt, aus. Natürlich werden hierdurch die Pigmentmolecule zerstreut und vereinzelt. Die Coloration der Zelle wird daher möglichst schwach und verwaschen. Diesem letzteren Zustande entspricht auch das Erblassen, welches man bei lebenden Tintenfischen so häufig wahrnimmt. Es unterliegt überhaupt keinem Zweifel, daß der Farbenwechsel dieser Thiere von den eben erwähnten pulsatorischen Erscheinungen der Chromatophorenzellen herrührt. Da diese zwischen den Fasern der Lederhaut liegen, so wäre es auch denkbar, daß die Ausdehnungen und Zusammenziehungen der Pigmentzellen nur die Folgen der Contractionen und der Erschlaffungen der Lederhautfasern, welche sich an die Zellenwandungen der Chromatophoren anfügen, seien. Allein nach den Untersuchungen von Wagner ist dieses nicht der Fall. Die Zusammenziehungen werden vielmehr durch die Zellenwände selbst hervorgerufen.

Fig. 12.



Die erst später auftretenden Dotterkugeln der sich entwickelnden Eier von Planaria lactea, tentaculata und furca zeigen eine fortwährende peristaltische und antiperistaltische Bewegung. Sie schieben ihren Inhalt, nämlich eine äußerst feinkörnige Substanz nebst einem größeren runden Körperchen, hin und her und setzen Stunden lang unter dem Mikroskope diese ihre Thätigkeit fort.

Die eigenthümlichen Saftströmungen, welche zuerst von Henle [3]) in den Hodenbläschen des Blutegels beobachtet worden und welche an die Zellensaftrotation der Charen erinnern, gehören nicht hierher, sondern zu den Bewegungserscheinungen der Elemente des Samens.

616 **Bewegung der Spermatozoen.** — Betrachtet man die beweglichen Elemente, welche in dem ausgebildeten Samen des Menschen und sämmtlicher Thiere bis zu den Rotatorien hinab vorkommen, als keine selbstständigen animalischen Wesen, sondern als bloße Gewebtheile, so gehören die mannichfachen Ortveränderungen, Drehungen, Biegungen und Verwickelungen, welche diese Gebilde darbieten, ebenfalls in die Kategorie der Elementarbewegungen (Kölliker) [4]). Da jedoch die näheren, diese Verhältnisse betreffenden Details in die Zeugungslehre unmittelbar eingreifen, so werden wir sie erst bei dieser näher erörtern.

---

[1]) Erichson Archiv für Naturgeschichte. Jahrg. 1841. Berlin. 1841. 8. S. 35—38.

[2]) Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der k. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin, 1841. 8. S. 83—86.

[3]) Müller's Archiv, 1835. S. 585. 86.

[4]) A. Kölliker Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere, nebst einem Versuch über das Wesen und die Bedeutung der sogenannten Samenthiere. Berlin, 1841. 4. S. 72 fgg.

Zusammenziehung der quergestreiften Muskelfasern. — Streng genommen sollten die Contractionserscheinungen dieser Elemente, welche die Muskulatur des Kopfes, des Rumpfes, der Extremitäten und des Herzens bilden, erst zuletzt behandelt werden, weil ihre Energieen am meisten mit denen des Nervensystemes zusammenhängen, die der einfachen Muskelfasern dagegen und noch mehr die der contractilen Fäden von nervösen Einflüssen in höherem Grade emancipirt sind. Allein da die Thätigkeitsäußerungen der quergestreiften Muskelfasern bis jetzt am ausführlichsten untersucht worden, so liefern ihre schon bekannteren Verhältnisse nicht selten eine Basis für die Erörterung mancher Momente der übrigen contractilen Gewebtheile. 617

Durch die Zusammenziehung der quergestreiften Muskelfasern verliert der entsprechende Muskel an Länge, während er an Querschnitt zunimmt. Die Contractionen selbst aber bieten zweierlei Hauptklassen von Erscheinungen dar. Entweder nämlich biegt sich die Faser, wie man schon unter schwächeren Vergrößerungen unterscheiden kann, in größeren Entfernungen knieartig. Es entsteht so die zickzackförmige Verkürzung. Oder die Veränderungen betreffen nur die kleinsten Elemente der Muskelfaser, so daß die Erforschung ihrer näheren Momente mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist. Hierdurch erzeugt sich die moleculare Zusammenziehung. Außerdem stellen sich noch eigenthümliche Einschnürungen der Hülle jeder einzelnen Muskelfaser, des sogenannten Myolemma oder Sarcolemma als begleitende Erscheinungen dar. 618

Die zickzackförmige Verkürzung tritt bei heftigeren Contractionsgraden ein. Hier bilden die Muskelfasern eine Reihe von abwechselnden Kniebiegungen, welche in der Regel in benachbarten Fasern einander homogen verlaufen. Abgesehen von anderen Nebenmomenten entspricht natürlich die Summe der beiden Seiten der Zickzacke der Länge des Muskels während der Erschlaffung. Diejenige Größe dagegen, welche der Longitudinalentfernung im Verkürzungszustande correspondirt, ist die ideale Seite, welche dem Einbiegungswinkel gegenüberliegt. Sie muß daher auch immer kleiner, als die beiden zuerst genannten Schenkel zusammengenommen ausfallen. Je häufiger sich die Zahl der Biegungen in einer bestimmten Längeneinheit wiederholen und je spitzer die Einbiegungswinkel ausfallen, um so mehr wird sich der Muskel verkürzen. 619

Daß diese Zickzackbewegungen stärkere Contractionszustände im Leben begleiten, läßt sich durch folgenden Versuch darlegen. Man binde einen Frosch in Leinwand so ein, daß nur der Kopf frei bleibt, spalte alsdann die Haut longitudinal von der Symphyse des Unterkiefers nach der Gegend des Brustbeines und von da quer von dem letzteren Punkte nach dem Winkel des Unterkiefers und trage sie längs des letzteren ab, ohne das benachbarte Blutgefäß zu verletzen. Nun bringt man die freiliegenden Kehlmuskeln unter das Mikroskop, beleuchtet sie von oben und benetzt sie so, daß durch die leeren Stellen kein störender Reflex hervorgerufen wird. Dieser Theil des Versuches ist der schwierigste und mißglückt nicht selten. Eintauchen des ganzen Kopfes in Wasser nützt deshalb nichts, weil das Thier alsdann keine Luft durch seine Nasenlöcher einziehen kann und daher auch seine Kehlmuskeln nicht bewegt. Hat man aber diese während ihrer Thätigkeit im Focus des Mikroskopes, so sieht man deutlich, wie sich die Muskelfasern mit jeder Zusammenziehung zickzackförmig biegen, mit jeder Dehnung hingegen wiederum

gerade strecken. Bei lebhaften Fröschen können auf diese Weise bis 74 Contractionen der Kehlmuskulatur in der Minute erfolgen. Mit jeder Verkürzung schlängeln sich auch die Stämmchen der Blutgefäße und der Nerven, welche an und zwischen den Muskelbündeln verlaufen, während sie sich mit jeder Erschlaffung wiederum strecken.

620 Die zickzackförmige Verkürzung zeigt sich auch häufig an den Muskeln lebender oder frisch getödteter Thiere, sobald die Muskelfasern ihrer Ansatzpunkte beraubt sind. Am leichtesten beobachtet man dieses, wenn man die Bauchmuskeln von eben getödteten Kaninchen, Pferden, Fröschen u. dgl. an zwei distanten Punkten so trennt, daß die Schnittrichtung den Längenverlauf der Muskelfasern quer trifft, und eine dünne Lamelle derselben loslöst. Nicht selten erscheinen dann die Zickzackbiegungen vollkommen regelmäßig, indem sie in allen benachbarten Fasern mehr oder minder von gleicher Größe sind und parallel verlaufen, so wie es Fig. 13 andeutet. Sie liegen entweder nach der einen oder andern Seite hin oder sind nach der Dimension der Dicke des Muskelstückes gerichtet, so daß hierdurch spitzere oder abgerundete Berge und Thäler entstehen. Bisweilen dagegen, und zwar vorzüglich bei kleineren oder minder kräftigen Thieren in den häufigeren Fällen, befinden sich die benachbarten Fasern in verschiedenen Stadien ihrer Verkürzung. Einige von ihnen haben größere zickzackförmige Einknickungen, die nicht selten noch in anstoßenden Fasern mehr oder minder parallel verlaufen. Andere hingegen zeigen kleinere Welleneinschnitte (Fig. 14). Oft findet sich auch der Fall, daß untergeordnete Zickzacke an Schenkeln der Zickzackbiegungen vorkommen. Häufig sieht man Fasern, die schon im Ganzen gerade verlaufen, an ihren Rändern aber noch tiefere Einschnitte oder rudimentäre Wellenkrümmungen besitzen. An solchen Präparaten hat man vollkommene Reihen von Uebergangsstufen der verschiedenen möglichen Grade der zickzackförmigen Verkürzung.

Fig. 13.

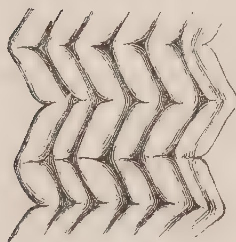
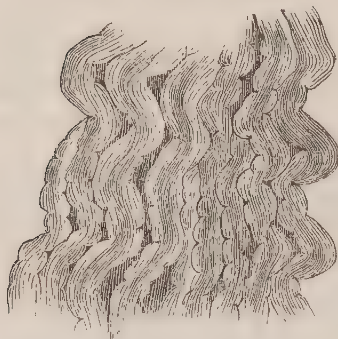


Fig. 14.



Von den größten vollständigen winklichten Einknickungen gehen ungefähr 6—7 und von den mittleren unvollständigen 10—18 Doppelbiegungen auf eine Linie. Ein Schenkel derselben kann durchschnittlich 3 — 10 vollständige Wellenkrümmungen aufnehmen.

Um in dieser Hinsicht beispielsweise einige Maaße anzugeben, so zeigte sich an einem Präparate, welches den Bauchmuskeln eines großen Frosches entnommen war, daß die mittlere Länge der vollständigen Biegungen, die hier sehr stark ausgebildet waren und fast durch das ganze Präparat einander parallel verliefen, 0''',152 pariser Maaßes betrug. Bei einem, einem kleineren Frosche angehörenden Präparate mit unvollständiger zickzackförmiger Verkürzung glich die Länge der Schenkel der größeren Einknickungen 0''',056 bis 0''',100 und im Mittel 0''',077; die der kleineren halben Wellen dagegen, die nicht sowohl zwei winkelige Seiten, als eine Bogenlinie besaßen, 0''',008 bis 0''',017 und im Durchschnitt 0''',015. An den größeren Kniebiegungen betrug die dem Einknickungswinkel gegenüberliegende ideale Seite des Dreieckes durchschnittlich 0''',102, an den leineren Wellen dagegen nur 0''',012 bis 0''',036.

Die Winkel, unter welchen die Muskelfasern bei dieser Verkürzungsweise einknicken, sind natürlich äußerst verschieden. Bei den größeren und mittleren Biegungen fallen sie meist zwischen 80° und 120°. Je mehr sich dagegen die Faser ihrer Längenerstreckung nähert, um so weniger differiren sie von zweien Rechten. 621

Da die Schenkel dieser Winkel meistentheils nicht genau geradlinigt verlaufen, so wird es auch nicht möglich, die Krümmungen mittelst des Mikrometers exact zu trianguliren und den Winkel auf dieselbe Weise, wie dieses für die Gefäßwinkel angeführt wurde (§. 361), aus den drei Seiten des ideellen Dreieckes zu berechnen. Daher bleibt hier (wenn man nicht die mittlere Gesammtneigung (§. 810), sondern einzelne Winkel finden will), nichts übrig, als die minder genaue Methode, durch welche man auch die Winkel von mikroskopischen Krystallen zu bestimmen suchte, in Gebrauch zu ziehen. Zu diesem Zwecke bezeichnet man sich äußerlich an dem oberen Rande des Oculares die Stellen, welche mit den Verlängerungen der beiden rechtwinkligen Mikrometerfäden in einer senkrechten Ebene liegen. Nun befestigt man um die Hülse desselben einen in 360° getheilten Kreis, stellt den einen Mikrometerfaden auf den einen Winkelschenkel ein und notirt den Grad des Kreisbogens, welcher dem Orte des Fadens entspricht. Hierauf dreht man so lange, bis der letztere den andern Winkelschenkel deckt und notirt von neuem den correspondirenden Gradwerth. Aus der Größe des auf diese Weise durchlaufenen Bogens ergiebt sich natürlich die Bestimmung des Winkels. Es versteht sich von selbst, daß man bei diesem Verfahren sehr zufrieden sein kann, wenn nur die Grade richtig sind. An feinere Resultate ist in diesem Falle nicht zu denken.

Die moleculare Zusammenziehung tritt immer nur, sofern sie unmittelbar auffällt, momentan ein und dauert bloß den sehr geringen Zeittheil, welchen eine einmalige Contraction in Anspruch nimmt. Aus diesem Grunde ist ihre genauere Beobachtung mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Denn alle Phänomene eilen so rasch vorüber, daß es meistentheils unmöglich wird, sich hinreichend zu sammeln, um die Details vollständig aufzufassen. Man sieht auf den ersten Blick nur einen plötzlichen Ruck oder ein wurmförmiges Fortkriechen, welches meist in einigen Augenblicken beendigt ist. Eine genauere Prüfung lehrt aber, daß gewöhnlich hierbei die Querstreifen die wesentlichsten Veränderungen erleiden. Sie werden schärfer, rücken näher an einander, so daß ihre Entfernungen bisweilen auf ein Minimum reducirt werden, und treten mehr über die Oberfläche hervor. Hierbei rollt entweder die ganze Erscheinung so rasch über die Länge des in den Focus gestellten Theiles der Muskelfaser dahin, daß wir keine successiven Bewegungserscheinungen wahrnehmen können, oder sie pflanzt sich von Stelle zu Stelle langsamer wellenartig oder wurmförmig fort. Es erfolgen dann nur 10 — 30 Localcontractionen in der Minute oder sie wiederholen sich so häufig hinter einander, daß jede einzelne kaum eine Secunde in Anspruch nimmt (Bowmann, Remak)[1]. Je nach der Intensität dieser Veränderung läßt sich keine erhebliche Verbreiterung der Muskelfaser wahrnehmen, oder diese tritt vorzüglich an den Stellen hervor, welche den sich erhebenden Querstreifen entsprechen. 622

Da wir bei diesen Untersuchungen stärkere Mikroskopvergrößerungen anwenden müssen und alsdann, um Alles deutlich wahrzunehmen, den Fo-

[1]) Bowmann in Philosophical Transactions for 1840. p. 488. Remak in Müller's Archiv, 1843. S. 184.

cus auf die Oberfläche der Faser möglichst genau einstellen, so zeigen sich bisweilen auch fortschiebende Contractionen, ohne daß wir eine Veränderung der Querlinien beobachten. Am wahrscheinlichsten dürfte es sein, daß in diesem Falle tiefere Fasern wirken, höhere dagegen unthätig bleiben oder daß nicht alle Längsfäden der Faser an der Zusammenziehung Theil nehmen und sich z. B. nur entferntere oder innere contrahiren, während wir momentan unser Augenmerk auf höhere oder äußere gerichtet haben.

Verfolgt man die Verhältnisse der Längsfäden und der Querstreifen an einer Reihe von Muskelfasern frisch getödteter Thiere, so gewinnt man immer mehr die Ueberzeugung, daß die queren Linien keine ursprünglichen und beständigen Gebilde sind, sondern nur den Ausdruck ihrer Contractionsenergie darstellen. Am beweisendsten sind hierfür die Anschauungen, in welchen sie sich erst unmittelbar unter unseren Augen bilden. Bei frisch getödteten Kaninchen, vorzüglich aber bei Fröschen und Fischen zeigen bisweilen die isolirten Muskelfasern bloße Längsfäden. Die Querstreifen erscheinen erst allmälig, vorzüglich durch die Einwirkung des kalten Wassers, und nicht selten sieht man deutlich, daß hierbei der entsprechende Theil der Muskelfaser an Länge verliert und dafür, besonders an den Querstreifungsstellen, an Breite und Dicke gewinnt. Umgekehrt vergehen die Querstreifen an einzelnen Stellen, während die Längsfäden einfacher hervortreten. Diese verschiedenen Zustände sind sehr häufig an den mannichfachen Fäden einer und derselben Muskelfaser anzutreffen. Vorzüglich oft bemerkt man an der Oberfläche Querstreifen, während die weiter im Innern gelegenen Fäden derselben entbehren.

Isolirte Elemente der Art, welche von quergestreiften Stellen herrühren, zeigen eine Reihe successiv der Länge nach hingehender rundlicher bis spindelförmiger Knötchen, die durch kleine verschmälerte Zwischenräume von einander gesondert werden. Die einfachen Längsfäden dagegen bieten gleichläufige Ränder dar. Wir können daher mit der größten Wahrscheinlichkeit annehmen, daß diese Form dem vollkommenen Erschlaffungszustande der letzten Elementartheile der Muskelfaser zukommt, daß aber ihre erste Contractilitätserscheinung in der Bildung jener successiven scheinbaren Knötchen, welche dem Faden das Ansehen einer Perlschnur oder eines Rosenkranzes geben, besteht. So lange die Muskelfaser ein Ganzes bildet, liegen dann jene Anschwellungen in benachbarten Fäden eines und desselben Niveau entsprechend neben einander. Es entstehen auf diese Weise die queren oder schwach welligten Linien, welche die Querstreifung hervorrufen. Hierbei correspondiren die hellen Bänder den hervortretenden Theilen und die dunkeln, transversalen Linien den zwischen ihnen befindlichen Furchen. Haben sich dagegen einzelne Bündel von Fäden einer und derselben Muskelfaser, wie dieses besonders nach der Einwirkung des Wassers vorkommt, der Länge nach von einander getrennt, zeigen sich diesen Isolationsstellen entsprechende schattige, längere oder kürzere Longitudinalstreifen, so können sich auch natürlich die Anschwellungen der Fäden wechselseitig verrücken. Es kommen die Querstreifen in Unordnung, und es tritt sogar das perlschnurartige Aussehen mehr in den Vordergrund.

Die Frage, ob diese Varicositäten oder kleine Kniebiegungen eines jeden Muskelfadens [1]) darstellen, läßt sich nicht ganz bestimmt entscheiden. Als Unterstützung der letzteren Ansicht könnte die Analogie mit den größeren Zickzacken angeführt werden.

Um diese delicateren Contractionserscheinungen wahrzunehmen, dienen sehr gut solche muskulöse Gebilde, welche sich von selbst von Zeit zu Zeit lange nach der Tödtung des Thieres zusammenziehen. Hierher gehören vor Allem das Herz, insbesondere die dünnwandigen Stellen der Vorkammern desselben, und das Zwerchfell. Außerdem aber kann man hierzu isolirte hinreichend kleine und dünne Muskelstückchen eines lebenden oder noch reizbaren Thieres benutzen und sie durch kaltes Wasser und vorzüglich durch eingeleitete galvanische Ströme zur Contraction bringen.

623 Ein eigenthümliches Verhalten zeigen lebende oder noch reizbare Muskelfasern, sobald sie durchschnitten werden. Ihre Enden nämlich laufen nicht gerade und gleichförmig aus, sondern besitzen eine Reihe von Formen, von denen Fig. 15 einige der vorzüglichsten darstellt. Häufig bietet eine Muskelfaser an der Schnittfläche eine Umstülpung, gleich dem Aufschlag eines Rockärmels dar. Nicht selten dagegen hat sie eine zwiebelartige Verdickung, die entweder nach oben spitz zuläuft oder mehr oder minder quer abgeschnitten ist. Zwischen diesen beiden Hauptgestalten und dem vollkommen passiven Verhalten der Muskelfaser finden sich noch mannichfaltige Uebergangsformen. Bisweilen sieht man dann an der Durchschnittsfläche, daß die Muskelfäden bis zur Mitte der Querschnittsebene der Muskelfaser reichen. In manchen Fällen dagegen existirt in Folge der starken Umstülpung in dem Centrum ein größerer oder kleinerer eingerissener Raum, der nach der ferneren Länge der Muskelfaser hin meist mit unregelmäßigen abgerissenen Rändern geschlossen ist. Offenbar kann dieses ganze Phänomen nur dadurch entstehen, daß sich die äußeren, mehr nach der Peripherie gelegenen Muskelfäden in der nächsten Nachbarschaft der Durchschnittsstelle stärker zusammenziehen und so die Umschlagung bewirken. Nur wenn ihnen von den inneren Fasern das Gleichgewicht gehalten wird oder wenn diese stärker an einander kleben, erzeugen sich jene Mittelformen, deren Anfang die zwiebelartigen Anschwellungen darzustellen scheinen. Diese bisweilen eintretende energischere Zusammenziehung der weiter nach der Peripherie gelegenen Muskelfäden correspondirt der früher erwähnten Erscheinung, daß wir häufig an der Oberfläche der Muskelfaser Querstreifen, in der Tiefe oder dem Innern dagegen bloße Längsfäden wahrnehmen.

Fig. 15.



---

[1]) Will in Müller's Archiv, 1843. S. 353—64, wo die Zusammenziehungsverhältnisse der Muskelfasern wirbelloser Thiere überhaupt sehr genau geschildert sind.

624 Die Einbiegungen der einfachen Hülle der Muskelfaser, des sogenannten Sarcolemma oder Myolemma lassen sich am besten studiren, wenn man eine oder wenige Fasern eines lebenden oder noch reizbaren Muskels isolirt und unter kaltem Wasser betrachtet. Bei knieförmig verkürzten Muskeln sieht man dann, daß jene Scheide a Fig. 16. an dem concaven Winkel des Knies eine Einschnürung, eine Art von Falte bildet. Diese geht in der Regel nicht bis zur Convexität der Biegungsstelle b durch, sondern verläuft sich früher oder später. Daß sie aber eine gewisse Breite habe, lehrt der Umstand, daß man bei seitlicher Lage der Muskelfaser, je nach der Einstellung des Focus, bald einen höhern, bald einen tiefern Bogenabschnitt derselben zur Ansicht bekommt. Diese Falten entsprechen bisweilen einander in parallel knieförmig gebogenen Fasern dergestalt, daß man, wie es schon Fig. 13 angedeutet worden, eine fortlaufende, die Kniewinkel halbirende Linie, der nicht selten Zellgewebefasern parallel gehen, wahrnimmt. Häufig hat man auch Gelegenheit, solche einseitige Faltenbildungen zu beobachten, ohne daß sich eine auffallende knieartige Verkürzung oder Wellenkrümmung der Muskelfaser darstellt. Sie gehen dann mehr oder minder kreisförmig herum und geben der Muskelfaser, wenn sie in kurzen Entfernungen vorkommen, ein mehr oder minder quergeringeltes Ansehen. Fig. 17. Nicht selten bilden sich auch bei beiderlei Falten an den Enden mehrfache Ausläufer, wie sie eine steife zusammengelegte Membran immer darbietet.

Fig. 16.



Fig. 17.



Die Untersuchung dieser Erscheinungen unter kaltem Wasser wird deshalb belehrend, weil diese Flüssigkeit manche dieser Phänomene erst unter unseren eigenen Augen offenbar hervorruft. Bisweilen nämlich krümmt sich eine Muskelfaser, die noch sehr reizbar ist, im Wasser allmälig herum, so wie es z. B. Fig. 18 angedeutet ist. An den stärksten Biegungsstellen sehen wir dann nach und nach die oben erwähnten einseitigen Einfurchungen entstehen. In manchen Fällen bewegt sich die ganze Faser pendelartig oder wellenförmig oder geräth gleichsam in eine Reihe krampfhafter Convulsionen, welche sie in ihren aliquoten Theilen nach den verschiedensten Richtungen bewegen. An den entsprechenden Stellen erzeugen sich dann nicht selten einseitige oder durchgehende Furchen des Myolemma. Wirkt aber das Wasser länger ein, so kommt nicht selten ein endosmotischer Proceß zu Stande. Zwischen der durchsichtigen Hülle und der Muskelfaser selbst sammelt sich wahrscheinlich Flüssigkeit an. Jene wird daher bauchig hervorgetrieben, bleibt aber an den Einschnürungsstellen an der Muskelfaser haften. Da

Fig. 18.



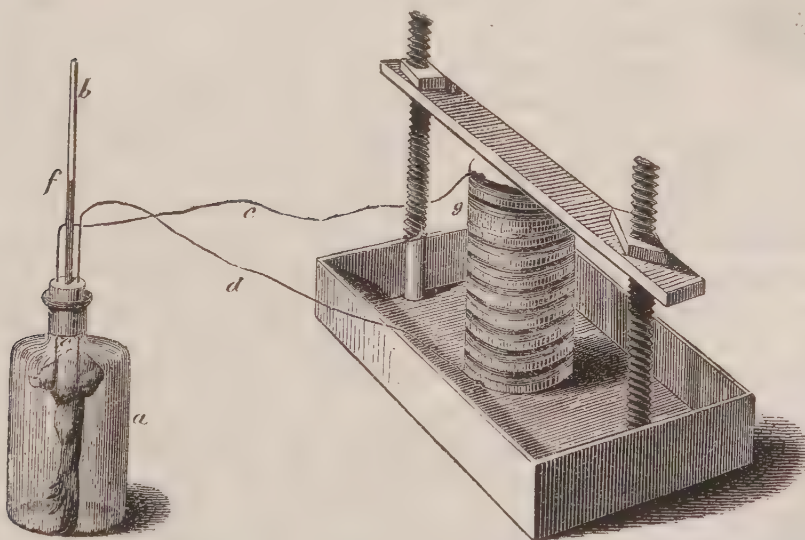
man in diesen Fällen eine größere Fläche des Sarcolemma von der Muskelfaser getrennt zur Anschauung erhält, so bemerkt man auch die an der Innenfläche des ersteren aufliegenden Kerne häufiger und deutlicher.

Diese Eigenthümlichkeiten der Hülle der Muskelfasern lassen eine dop- 625
pelte Deutung zu. Entweder nämlich sieht man die Einschnürungen des Myolemma als die Folge einer organischen Contractilität, welche dasselbe besitzt, an. In ihren Zwischenränmen ist die Membran erschlafft und kann daher leichter vom Wasser durchdrungen und ausgedehnt werden. Oder man denkt sich die Hülle als eine etwas straffe Membran, welche der Muskelfaser ursprünglich eng anliegt. Contrahirt und krümmt sich aber diese in bedeutendem Maaße, so wird auch das Myolemma furchenartig eingefaltet und widersteht, hier gleichsam eingeklemmt, dem späteren Eindringen des Wassers. So lange die Zusammenziehungen der Längenfäden so schwach sind, daß entweder nur Querstreifen oder bloß leise Einkerbungen entstehen, fehlen auch jene Einfaltungen des Myolemma. Nach der ersteren Ansicht beruhten also die Veränderungen desselben auf activen, nach der letzteren vielleicht wahrscheinlicheren auf passiven Metamorphosen desselben.

Daß die Muskeln, indem sie bei ihrer Zusammenziehung an Länge 626
abnehmen, dicker werden, lehrt die tägliche unmittelbare Beobachtung z. B. an dem zweiköpfigen Muskel unseres Oberarms. Allein eine andere Frage ist, ob das Volumen trotz dieser Veränderungen der Durchmesser dasselbe bleibt oder ob eine Condensation der Muskelsubstanz dabei Statt findet. Die Erfahrungen von Prevost und Dumas und die von Erman stehen einander in dieser Hinsicht entgegen, indem die Ersteren keine Veränderung des Umfanges bei Versuchen im Kleinen, der Letztere dagegen eine solche wahrnahm. Die auf der hiesigen Anatomie angestellten Beobachtungen lehrten, daß gar keine Condensation und überhaupt keine Volumensabweichung irgend einer Art Statt findet.

Um den Versuch im Kleinen vorläufig anzustellen, dient folgende einfache Vorrichtung. Man nehme eine Flasche a mit ziemlich langem und engem Halse und passe in sie einen langen und zuvor genau zugeschnittenen und abgeschliffenen Kork- oder Bleizapfen ein. Durch diesen gehen in seiner Mitte eine kleine Röhre b von 2 bis 3 Millim. Lumendurchmesser u. zwei mit Siegellack überzogene biegsame Kupfer- od. Messingdrähte, c und d, die unten bei e hakenförmig gebogen sind, oben dagegen leicht in irgend eine beliebige Lage gebracht werden können. Der ganze Zapfen wird nun mit Fett und Wachs vollkommen überzogen. Man

Fig. 19.



füllt alsdann das gesammte Fläschchen mit lauem Wasser, sticht die beiden Haken der Drähte c und d in einen frisch präparirten Froschschenkel, senkt diesen in das Wasser und drückt den Pfropfen so tief und fest als möglich ein. Es wird dann die Flüssigkeit in die Röhre b bis zu dem Niveau f z. B. emporsteigen. Ganz kaltes Wasser darf deshalb nicht gebraucht werden, weil sonst die Reizbarkeit zu rasch schwindet. Hat man sich dessen genau versichert, daß keine Luftbläschen in dem Fläschchen enthalten sind, so reinigt man die freien Theile des Halses und des Zapfens von etwa noch anhaftender Flüssigkeit, verschmiert das Ganze nochmals mit Wachs und Fett, stellt das Fläschchen auf einer horizontalen Ebene fest und biegt die Drähte so, daß man sie ohne Erschütterung mit einer kleinen galvanischen Säule g in Verbindung zu bringen vermag. Man kann nun, während man durch Einleitung galvanischer Ströme Zuckungen im Froschschenkel anregt, das concave Niveau f mit einer starken Loupe fixiren und wird finden, daß es durchaus dasselbe bleibt und weder während der Zusammenziehungen des Fußes sinkt, noch während der Erschlaffung desselben steigt. Dieses Experiment beweist wenigstens so viel, daß keine erhebliche Condensation im Augenblicke der Muskelverkürzung eintritt. Zur Beurtheilung von Minimalwerthen eignet sich der Apparat nicht, weil die in Thätigkeit gesetzte Muskelmasse zu klein ist. Ueberdies hängt bei ihm Alles davon ab, daß die Unterfläche des Zapfens eine möglichst geringe Ausdehnung habe, nicht elastisch sei und zwischen ihr und dem Wasser keine Luftbläschen existiren.

Die Annahme von Erman, daß eine geringe Condensation Statt finde, beruht auf einer Beobachtung, welche an einem Aale angestellt worden. Die untere Hälfte des Thieres kam, nachdem die Eingeweide herausgenommen worden, in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäß, welches mit einer dünneren Anzeigeröhre in Verbindung stand. Ein Elektrodendraht befand sich im Rückenmark, ein zweiter in den Muskeln. Bei dem Schließen der Kette sank die Flüssigkeit der engeren Röhre um 4—5 Linien und kehrte bei dem Oeffnen derselben zu ihrem alten Niveau zurück.

Um den Versuch mit größeren Muskelmassen anzustellen, diente folgender von Gerber verfertigte Apparat. Man befestigt an einen Untersatz von Pappdeckel a mittelst Schellack b sechs rechtwinkelig gebogene Eisendrähte c, d, e, f, g, h, deren kürzere Aeste aufrecht stehen, während die längeren durch eine Oeffnung des Untersatzes durchgeführt werden. Diese sechs horizontalen Stücke werden bis auf einen verkürzt und dann zusammengeflochten, so daß wir außer den sechs Spitzen noch den zusammengeflochtenen Theil und den Hauptleitungsdraht i haben. Ein zweiter knieförmiger Draht k wird durch eine andere Oeffnung des Pappdeckels durchgeführt und ebenfalls durch Schellack befestigt. Er ist längs seines ganzen senkrechten Theiles mit Ausnahme seines umgebogenen Endes mit Siegellack überzogen und so hoch, daß er bis nahe an die obere Wand des bald zu erwähnenden überzustürzenden Glases reicht. Sein unteres Ende l tritt in ähnlicher Weise, wie das von i frei hervor. Hierauf wird der Untersatz mit einer Mischung von gleichen Theilen von Wachs und Terpenthin, die bald zu einer sehr festen Masse erhärtet, ausgegossen. Nun nimmt man eine ungefähr 600—800 Cubikcentimeter haltende Flasche, schneidet ihren Boden ab und fügt in ihren erwärmten Hals einen genau abgeschliffenen und überall mit Siegellack überzogenen Pfropfen ein. Dieser führt eine Röhre a, Fig. 21. von 3,5 Millimeter Lumendurchmesser und 1 Decimeter Länge und eine zweite, nach oben in eine feine Spitze auslaufende Röhre b von gleichem Lumen und nur ungefähr 5 Centimeter Länge. Die erstere geht ganz durch den Pfropfen, die letztere aber nur durch den obern Theil desselben, während unter ihrer Einmündungsstelle ein conischer Raum ausgeschnitten ist. Vor dem Einbringen des Zapfens wird der Hals der abgeschnittenen Flasche hinreichend erwärmt, damit das Siegellack bei dem Einführen schmelze, und die freie Oberfläche des Pfropfens noch mit Siegellack sorgfältig verkittet. Nun werden sechs Frösche unter lauem Wasser enthauptet, ausgeweidet, abgetrocknet und auf die Drähte c, d, e, f, g, h, Fig. 20. so aufgesteckt, daß diese tief in ihren Rückenwirbelcanal eindringen. Ein Gehülfe erwärmt

Fig. 20.

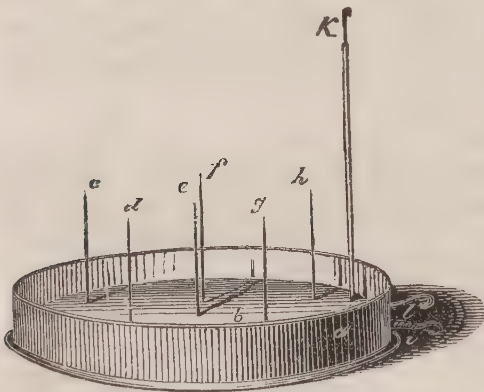
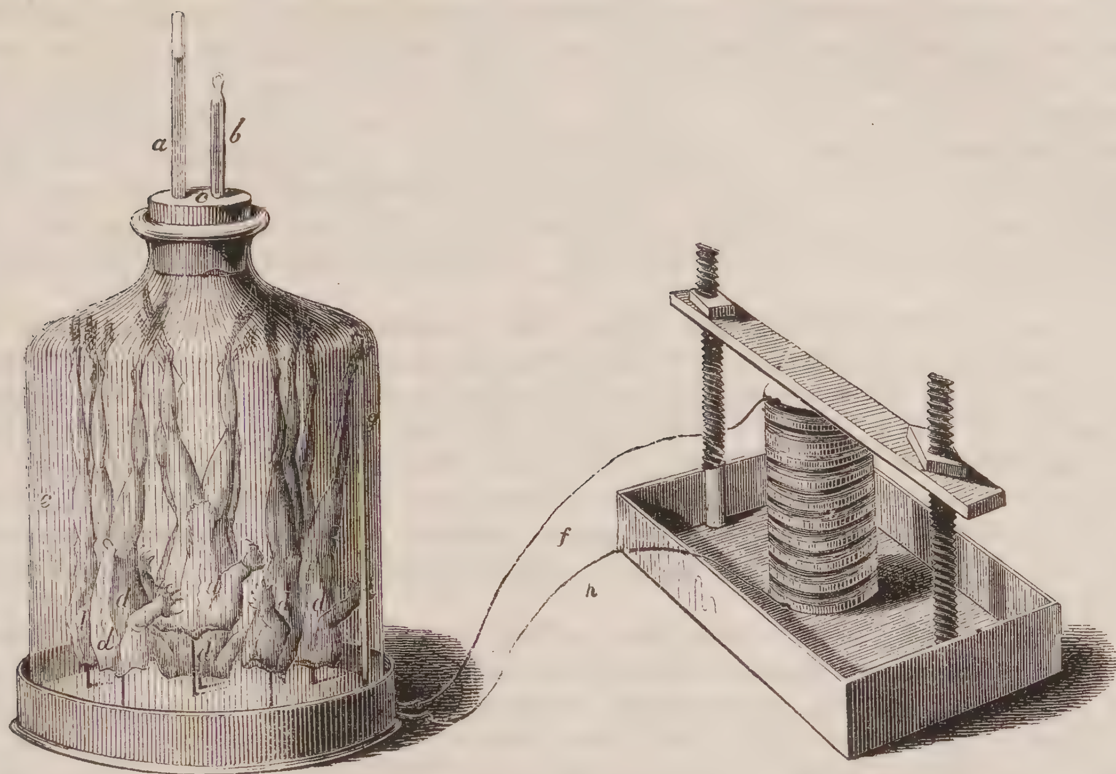


Fig. 21.



unterdeß den unteren Theil der abgeschnittenen Glasflasche hinreichend, so daß dieser, wenn er übergestürzt wird, die Mischung von Wachs und Colophonium zum Schmelzen bringt und in sie eingedrückt werden kann. Nachdem diese wieder erstarrt ist, füllt man das Ganze durch einen in a eingebrachten kleinen Trichter mit lauwarmem Wasser so vollständig, daß die Flüssigkeitssäule in a etwas über der Mündung von b zu stehen kommt, während durch b die Luft entweicht. Durch Schütteln und Klopfen des Apparates müssen dann alle Luftbläschen, welche etwa unter dem Zapfen c oder an den Fröschen d noch anhaften, entfernt werden, bis die Glocke e kein Minimum von Atmosphäre enthält. Dieses muß auf das Sorgfältigste vollführt werden, weil von ihm allein das Resultat des Versuches abhängt. Ist es geschehen, so bringt man den Draht f, welcher dem Drathe g, Fig. 21., oder k, Fig. 20. im Innern entspricht, mit dem einen, und den h, welcher mit den Fröschen communicirt, mit einer kleinen galvanischen Säule i in Verbindung. Bei dem Schlusse der Kette strecken sich die aufgespießten enthaupteten Frösche. Es müßte dann, wenn eine Condensation Statt fände, die in a befindliche Säule sinken. Will man stärkere Ausschläge vorbereiten, so umwickelt man das freie Ende des Zapfens c und die unteren Theile der an ihm haftenden Röhren a und b mit Leinwand und füllt in a so viel Wasser ein, daß Flüssigkeit durch die Spitze von b herausläuft. Hierauf wird diese abgetrocknet und versiegelt. Man gießt dann in a so viel Wasser längs der Wände herab, daß das Niveau der Säule in a höher steht, als die Spitze von b. Die Anwesenheit dieser Nebenröhre b erleichtert auch sehr das Heraustreiben der letzten Luftbläschen, welche etwa dem Korke anhaften. Fangen sich solche in den engen Röhren, so kann man mit einem Drahte leicht nachhelfen.

Hat man in das Glasgefäß lauwarmes Wasser eingefüllt, so braucht man sich mit dem Experimente gar nicht zu beeilen. Unsere Beobachtungen wurden im December angestellt und dessen ungeachtet erhielt sich die Reizbarkeit in dem geheizten Zimmer über vier Stunden lang auf das vollständigste.

Existiren auch nur wenige kleine Luftblasen in dem Apparate, so schwankt die Säule in a, wenn b versiegelt ist, bei jeder Contraction um etwas weniger als $\frac{1}{2}$ Millimeter. Bei etwas mehr Luft kann die Differenz bis 2 Millimeter steigen. Jedoch tritt dieses Maximum nur selten ein. Fehlt dagegen alle Luft, so beträgt die Schwankung nie mehr als ungefähr $\frac{1}{4}$ Millimeter. Ja sie mangelt sogar in den meisten ganz genau ausgeführten Versuchen gänzlich. Hierbei werden durch den Versuch selbst leicht Irrthümer veranlaßt. Durch den galvanischen Strom nämlich entsteht Wasserzersetzung. Mit jeder

Wiederholung des Schlusses der Kette häuft sich also ein Quantum Gas in der Flüssigkeit an. Daher kommt es, daß man häufig im ersten Momente, wenn man eben alle Luft sorgfältig ausgetrieben, gar keine Veränderung der Zeigersäule beobachtet, daß diese aber nach mehrmaliger unmittelbarer Wiederholung des Versuches eintritt. Man wird aber dann bei genauerer Prüfung finden, daß Gasbläschen dem nicht mit Siegellack überkleideten Ende des Drahtes g anhaften. Entfernt man diese, indem man den Apparat hinreichend schüttelt, die Spitze von b öffnet und sie, nachdem man durch a Wasser zugegossen, von neuem versiegelt, so bleiben alle Schwankungen wiederum aus. Wir haben während der vier Stunden, während welcher der Apparat im Gange war, die Zuckungen mehr als 40 Mal entstehen lassen und gelangten immer zu den eben erwähnten Resultaten.

Hieraus ergiebt sich, daß kein Zeichen einer Condensation der Muskelsubstanz eintritt, sobald man sich nur vor der störenden Nebenwirkung der anwesenden Gase und der elektrolytischen Zersetzung des Wassers hinreichend bewahrt. Selbst wenn Luftblasen vorhanden sind, steigt das in a befindliche Säulchen im Momente der Contraction und sinkt im Augenblicke der Erschlaffung. Nur sehr selten tritt der Fall ein, daß sie im Anfange einen kaum merklichen Moment sinkt und bald darauf steigt, um später wieder zu fallen. Behufs der genaueren Untersuchung wurden die Niveauveränderungen unter der Loupe beobachtet, während an a eine Millimeterskale in fixirter Stellung angebracht war.

Setzen wir aber selbst — was jedoch entschieden in Abrede zu stellen ist — voraus, daß die ½ Millimeter betragende Schwankung nicht von den eingeschlossenen Luftbläschen, sondern von den sich contrahirenden Muskeln selbst herrührte, so müßten zuvörderst die Muskelfasern, da im Augenblicke ihrer Contraction ein Steigen der Säule Statt fand, ihr geringstes Volumen in dem Zustand der Erschlaffung besitzen. Schon dieses widerspricht allen übrigen Thatsachen, welche von diesen Gebilden bekannt sind. Allein abgesehen davon ist jene Schwankung so äußerst gering, daß sie selbst, wenn sie existirte, kaum in Betracht kommen könnte. Alle sechs enthaupteten und ausgeweideten Frösche hatten ein Volumen von 101,87 Cubikcentimeter. Rechnen wir, daß auch nur die Hälfte ihrer Masse Muskelsubstanz war — eine Schätzung, die offenbar zu gering ist —, so beträgt jene 50,93 Cubikcentimeter. Nun hatte die Säule 3,5 Millimeter Durchmesser und 0,5 Millimeter Höhe, folglich $\frac{(3,5)^2 \times \pi \times 0,5}{4} = 4,810$ Cubikmillimeter Volumen. Auf 1 Cubikmillimeter Muskelsubstanz kämen dann 0,000094 Cubikmillimeter oder ungefähr $1/_{10000}$ Schwankung, d. h. ein so kleiner Werth, daß er, wenn er selbst existirte, fast außer Acht gelassen werden könnte.

Nach allem diesen läßt sich daher bestimmt annehmen, daß bei der Contraction der quergestreiften Muskeln des Frosches keine Volumensveränderung und am wenigsten eine Condensation Statt findet.

627 Die eben geschilderten Contractionserscheinungen können durch die mannichfachsten Reize, welche entweder die Muskelfasern selbst oder deren motorische Nerven oder beide zugleich treffen, hervorgerufen werden. Der Grad der Wirkung aber hängt einerseits von der Natur und Größe des Irritaments und anderseits von der Reizempfänglichkeit des Muskels ab. Die in dieser Hinsicht anzustellenden Versuche fallen natürlich am reinsten aus, wenn die der Prüfung unterworfenen organischen Theile von dem übrigen Organismus entfernt und so die störenden Nebenmomente des Willens und der unwillkürlichen von dem Centralnervensysteme bedingten Einflüsse eliminirt sind. Da aber die meisten Muskeln des Menschen, der Säugethiere und der Vögel ihre Reizbarkeit sehr kurze Zeit nach dem Tode oder nach ihrer Trennung von dem lebenden Körper verlieren, so bedient man sich zu solchen Beobachtungen am passendsten der Reptilien und zwar vor Allem der so leicht zu erhaltenden Frösche. Man bereitet sich zu diesem Zwecke am einfachsten einen sogenannten prä-

parirten Froschschenkel, d. h. man schneidet an der isolirten hintern Extremität alle Theile des Oberschenkels bis auf den Hüftnerven hinweg, während der Unterschenkel und der Fuß entweder ganz unversehrt bleiben oder nur enthäutet werden.

Mechanische Reize wirken stärker, wenn sie den motorischen Nerven, als wenn sie die Muskelsubstanz selbst treffen. Drücken wir z. B. eine Stelle des Hüftnerven eines präparirten Froschschenkels mit der Pincette zusammen oder schnüren um sie einen Faden fest zu, so werden Unterschenkel und Fuß heftig bewegt. Schneidet man jedoch den Nervenstamm sehr rasch mit einem scharfen Instrumente durch, so treten nicht selten, vorzüglich wenn die Reizbarkeit nicht mehr ganz lebhaft ist, gar keine oder nur geringere Zuckungen hervor. Untergeordnete Nervenästchen erregen unter gleichen Verhältnissen zwar energische, aber minder ausgedehnte Convulsionen, weil sie nur einer beschränkteren Provinz von Muskelfasern entsprechen. Nach den schon oben erwähnten Gesetzen der Leitung (§. 583) wird Reizung des Nerven oberhalb der Stelle, an welcher schon früher die Continuität seines Inhaltes durch Druck oder auf irgend eine andere Weise gestört worden, keine Krämpfe mehr bedingen. Unterhalb dieses Punktes angebrachte Irritamente dagegen rufen die gewöhnlichen entsprechenden Erfolge hervor. 628

Comprimiren wir die Muskelsubstanz selbst, so bedarf es immer eines starken Druckes und eines noch hohen Grades von Reizbarkeit, wenn bedeutendere Erfolge zum Vorschein kommen sollen. In diesem Falle bleibt es uns aber unbekannt, inwiefern der Effect der angeregten feinern Nervenverbreitungen des Muskels selbst angehört oder nicht. Die Zuckung dehnt sich zwar über die gedrückte Stelle aus, erstreckt sich jedoch nie auf einen ganzen größern Muskel. Uebrigens soll die Muskelsubstanz selbst nach Nysten [1] für mechanische Reize längere Zeit, als der motorische Nerv empfänglich bleiben. 629

Ob isolirte Muskelfasern auf mechanische Reize lebhaft antworten, steht noch dahin. Durch Bedeckung derselben mit einem dünnen Glasplättchen scheinen bisweilen leise Contractionen zu entstehen. Größerer Druck hebt die Wirkung auf. Schaben wir endlich einen bloßgelegten Muskel, z. B. den Gastrocnemius eines frisch losgelösten Schenkels eines enthaupteten Frosches mit einem zugeschmolzenen Glasstabe, so zeigt sich bisweilen eine feine Kräuselung oder eine unregelmäßige Wellenbiegung der oberflächlichen Muskelfasern. Häufig jedoch bleibt auch diese Wirkung gänzlich aus. In jedem Falle aber reagiren die quergestreiften Muskelfasern auf mechanische Reize weit localer und schwächer, als die zusammengesetzten. Nur die des Herzens bilden in dieser, wie in vielen andern Beziehungen, eine später zu erwähnende, unerklärliche Ausnahme.

Daß ein luftverdünnter Raum die Contraction nicht augenblicklich aufhebe, lehren die Convulsionen, welche bei Thieren, die im Vacuum 630

---

[1]) P. H. Nystén Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques, pour faire suites à celles de Bichat sur la vie et la mort. Paris, 1817. 8. p. 302.

sterben, eintreten. Unter comprimirter Atmosphäre schlägt das Herz schwächer und verliert endlich seine Reizbarkeit gänzlich, so daß es selbst in der gewöhnlichen Luft kein Irritament mehr beantwortet (Fontana)[1].

631 Während sich die Reizbarkeit der Muskeln gegen die Einflüsse des Lichtes indifferent zu verhalten scheint, wird sie von der Temperatur auf eine wesentliche Weise bestimmt. Im Allgemeinen wirken bedeutende Kälte- oder Hitzegrade schädlich oder vernichtend, während eine mittlere Temperatur die Irritabilität begünstigt und deren Verschwinden nach dem Tode des Thieres verzögert. Daß bedeutendere Kältegrade die Contractilität lähmen, erfahren wir häufig genug an uns selbst. Durch längeren Aufenthalt im Kalten erstarren uns z. B. die Muskeln des Gesichtes und des Vorderarmes, so daß uns ein leichter mimischer Ausdruck, das Schreiben und andere feinere Handarbeiten unmöglich werden. Eine allmälige Erwärmung führt den frühern Reizbarkeitszustand wieder zurück. Eingefrorene Frösche können durch allmäliges Aufthauen die normalen Zusammenziehungserscheinungen wieder darbieten. In Betreff der höhern Wärmegrade existirt ebenfalls eine gewisse scharfe Grenze. Verweilt die Muskelsubstanz selbst nur eine kurze Zeit in relativ hoch temperirtem Wasser, so wird sie gekocht, d. h. sie erscheint blasser und contrahirt sich in hohem Grade. Dieser Zusammenziehungszustand vermindert sich dann nach einer Reihe von Stunden allmälig. So lange er aber dauert, zeigen die Muskelfasern bei der mikroskopischen Untersuchung, daß ihre Längsfäden und deren Bündel meistentheils vor ihren Querstreifen auffallend hervortreten. Bisweilen finden sich auch an der Oberfläche der Fasern mehr oder minder stark ausgesprochene Querrunzeln, welche sich entweder längs der ganzen sichtbaren Hälfte derselben oder nur über einen Theil von ihr erstrecken. In kochendem Wasser schrumpft die Muskelsubstanz bedeutend zusammen. Sobald aber einmal die oben erwähnte Veränderung der Muskelfasern durch die Einwirkung zu warmen Wassers zu Stande gekommen, kehrt die Reizbarkeit weder durch allmälige noch durch plötzliche Abkühlung je wieder.

Am einfachsten lassen sich wiederum die genannten Verhältnisse an den losgelösten und enthäuteten Extremitäten eines vorher enthaupteten Frosches erhärten. Läßt man z. B. einen Fuß desselben in der Zimmerwärme bei ungefähr 20° C., während man die andere zwischen Eisstücke legt, so wird man finden, daß die Reizbarkeit der letzteren früher, als die der ersteren verschwindet. Auch über die Einflüsse der Temperaturveränderung kann man auf diese Weise anschauliche Belege erhalten. Die vordere enthäutete Extremität eines großen Frosches, welche einige Minuten in der gewöhnlichen Zimmerwärme gelegen, zuckte sehr heftig zusammen, sobald sie galvanisch gereizt wurde. Hierzu diente eine kleine aus 3 Paaren von Zinkkupferplatten von ungefähr 3 Quadr.-Zoll Oberfläche bestehende Säule, bei welcher sehr verdünnte Schwefelsäure den feuchten Leiter darstellte. Nun wurde das Präparat zwischen Eis gelegt und blieb jedes Mal genau eine Minute mit diesem in Berührung. Bei dreimaliger Wiederholung des Versuches fielen die Zuckungen schwächer als früher aus. Nachdem sich aber alsdann die Muskeln 1 Minute lang in Wasser von 37°,5 C. aufgehalten hatten, kehrten die alten sehr heftigen Zuckungen durch den galvanischen Reiz wieder. Nach einem abermaligen, 1 Minute dauernden Aufenthalte im Eise wurden sie wiederum bedeutend schwächer.

---

[1]) Felix Fontana's Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. Uebersetzt von Hatenstreit. 1785. 8. S. 54.

Hatte das Präparat 1 Minute in Wasser von 35° C. von neuem verweilt, so entstanden unter den gleichen Einflüssen heftigere Convulsionen. Nach fernerem Aufenthalte von 1 Minute in dem gleichen Wasser schwand allmählig die Reizbarkeit und hörte zuletzt, nachdem der Vorderfuß ½ Minute mit dem Eise in Berührung gewesen, gänzlich auf.

Was die Temperaturgrenze, bei welcher die Muskeln des Frosches durch Kochung ihre Reizbarkeit verlieren, betrifft, so ergab mir eine Reihe von Beobachtungen, welche ich hierüber anstellte, daß ein 1 Minute dauernder Aufenthalt in Wasser von 38° bis 38°,5 C. die Irritabilität noch unversehrt läßt, ein gleich langes Verweilen in Wasser von 41° oder 42° C. aber die oben erwähnte Verschrumpfung der Muskeln auf der Stelle hervorruft und die Reizbarkeit für immer vernichtet. Unterschenkel und Fuß werden so stark als möglich gestreckt; die Zehen weichen auseinander, so daß die Schwimmhaut straff ausgespannt erscheint. Der ganze Schenkel kann nur mit Verletzung seiner weicheren Theile aus dieser steifen Lage gebracht werden. Dabei ist seine Muskelmasse sehr brüchig und reißt selbst nach geringeren mechanischen Verletzungen leicht ein. Nach 4 bis 5 Stunden wird eine mäßige Beugung der Gelenke des Fußes und der Zehen eher möglich. Die Versuche, durch welche die eben erwähnten Temperaturgrade ausgemittelt wurden, sind im December an Fröschen angestellt worden, welche in einem warmen künstlichen Teiche zu Hunderten aufbewahrt ihre volle Lebhaftigkeit wie im Sommer bewahrt hatten.

Afficirt ein gewisser Wärmegrad der bewegenden Nerven allein, so 632
ruft er ebenfalls Zuckungen hervor. Hierbei kann er aber in zweierlei Weise wirken. Entweder nämlich zerstört er die Nervensubstanz, und diese beantwortet ihren localen Untergang, wie in allen anderen ähnlichen Verhältnissen, mit einer Zuckung der entsprechenden Muskeln. Einen solchen Fall haben wir z. B., wenn wir einen Nerven mit einem glühenden Drahte berühren. Oder die Wärme wirkt als bloßer einfacher Reiz, ohne daß durch sie die Irritabilität der Nerven oder des entsprechenden Muskels aufgehoben wird. Es gelingt z. B. bisweilen, heftige Zuckungen des Unterschenkels und des Fußes eines präparirten Froschschenkels in dem Augenblicke zu erhalten, in welchem man den Hüftnerven in Wasser von 38° C. eintaucht, ohne daß die Irritabilität im geringsten durch diesen Versuch gestört zu werden scheint.

Theoretisch ließe sich erwarten, daß die Reizbarkeit der motorischen 633
Nerfenfasern wegen des sonst so delicaten Verhaltens ihres eigenthümlichen Inhaltes schon bei einem geringeren Wärmegrade, als die der Muskeln, zu Grunde gehen wird. Allein die Erfahrung ergab mir bei dieser Beziehung ein anderes Resultat. Hüftnerven des Frosches, welche in Wasser von 38° C. eine Minute lang verweilt hatten, behielten ihre Reizbarkeit für mechanische Eindrücke auf das vollkommenste bei. Bei 41° C. dagegen ging sie nach einem gleich langen Aufenthalte gänzlich zu Grunde. Die Grenze aber war auf diese Weise dieselbe, bei welcher die Muskelsubstanz des gleichen Froschschenkels ihre Irritabilität verlor und gekocht erschien. Wir können daher mit Recht schließen, daß die Nervenreizbarkeit der Frösche wenigstens dieselben höheren Temperaturgrade als die Muskelirritabilität aushält.

Um in solchen Fällen die Kraft des Nerven zu prüfen, darf man nur mechanische oder chemische, nicht aber galvanische Reize anwenden. Denn es könnten dann noch, da der mit Feuchtigkeit durchdrungene Nerve als bloßer Leiter zu wirken vermag, positive Erfolge auftreten, wenn selbst die Reizbarkeit schon längst verschwunden ist.

634 Jede Art von Elektricität, sie habe welchen Ursprung sie wolle, regt die Energieen der motorischen Nerven oder der ihnen entsprechenden Muskelfasern oder beider zugleich zur Thätigkeit an. Nur entstehen je nach der Beschaffenheit, Quantität und Schnelligkeit der Bewegung mancherlei Unterschiede, von denen wir einen Theil in der Nervenphysiologie genauer kennen lernen werden. Gegenwärtig aber müssen wir untersuchen, inwiefern und unter welchen Verhältnissen durch elektrische Einflüsse mannichfacher Natur Bewegungen der Muskelfasern angeregt werden.

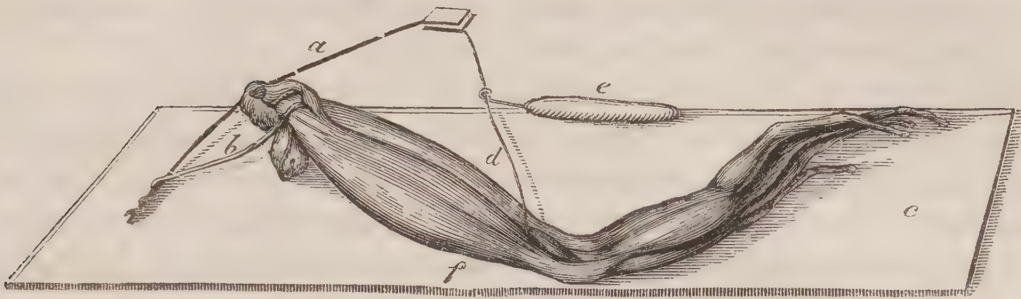
635 Die Reibungselektricität zeichnet sich proportional durch keine sehr großen Wirkungen aus. Geringe Quanta derselben rufen gar keine Effecte hervor. Eine kurz vorher geriebene Siegellackstange bleibt auf einen frischen präparirten Froschschenkel ohne Einfluß. Die Entladung einer Elektrisirmaschine oder einer mit ihr verbundenen Leidener Flasche oder Batterie aber erzeugt im Augenblicke des Durchschlagens heftige Zuckungen, selbst der stärksten Muskelmassen. Stellen wir den Versuch an uns selbst an, so knicken wir, wenn der elektrische Strom stark genug ist, zusammen, weil die Streckmuskeln unsrer unteren Extremitäten ihren sichern Halt verlieren. War die Einwirkung zu stark, so kann eine lähmungsartige Schwäche der getroffenen Muskeln tage- oder selbst wochenlang zurückbleiben. Zu bedeutende elektrische Schläge tödten, wie schon der Blitz lehrt, augenblicklich.

Von der medicinischen Anwendung der Reibungs-, wie der anderen Elektricitätsarten wird in der Lehre von den Nerventhätigkeiten ausführlicher gehandelt werden.

636 Im Gegensatze zur Reibungselektricität besitzt die Contactelektricität einen sehr großen Einfluß auf die Muskelzusammenziehung. Bei hohen Graden der Reizempfänglichkeit ist es für die Erzielung einer Contraction überhaupt vollkommen gleichgültig, welche Substanzen als Elektromotoren gebraucht werden, weil schon der geringste galvanische Strom Convulsionen veranlaßt. Es können daher nicht bloß Ketten organischer Theile, z. B. von Muskelstücken, Muskel- und Sehnen- oder Nervenfragmenten gebraucht werden, sondern die eigenen nervösen und muskulösen Gebilde des Froschschenkels selbst, welcher Convulsionen darbieten soll, vermögen zum Theil oder gänzlich die Rolle von Erregern zu übernehmen.

637 Wie bedeutend die Empfindlichkeit der motorischen Nerven und der Muskeln für sehr geringe galvanische Ströme sei, lehrt der Umstand, daß man schon durch ein sehr kleines galvanisches Plattenpaar starke Convulsionen eines frischen reizbaren Froschpräparates zu erhalten vermag. Man schneidet sich z. B. zu diesem Zwecke ein Kupferplättchen und ein Zinkplättchen von 1 Quadratlinie Oberfläche so zu, daß von jedem ein langer Stiel ausgeht, und verbindet beide durch ein Stückchen mit feuchtem Wasser durchdrungenen Löschpapiers. Nun applicirt man den Zinkstiel a (Fig. 22) an den Nerven b eines auf einer trockenen Glastafel c liegenden präparirten Froschschenkels. Der Kupferstiel d ist mit einem oben mit Siegellack überzogenen oder auch freiem Häkchen e versehen. Bewegt man nun durch dieses das Stilett so, daß es den Gastrocnemius des Froschschenkels berührt, so erhält man im Momente des Schlusses der Kette eine diese begleitende S c h l i e ß u n g s z u c k u n g. Bleibt d auf f eine Zeit lang lie-

Fig. 22.



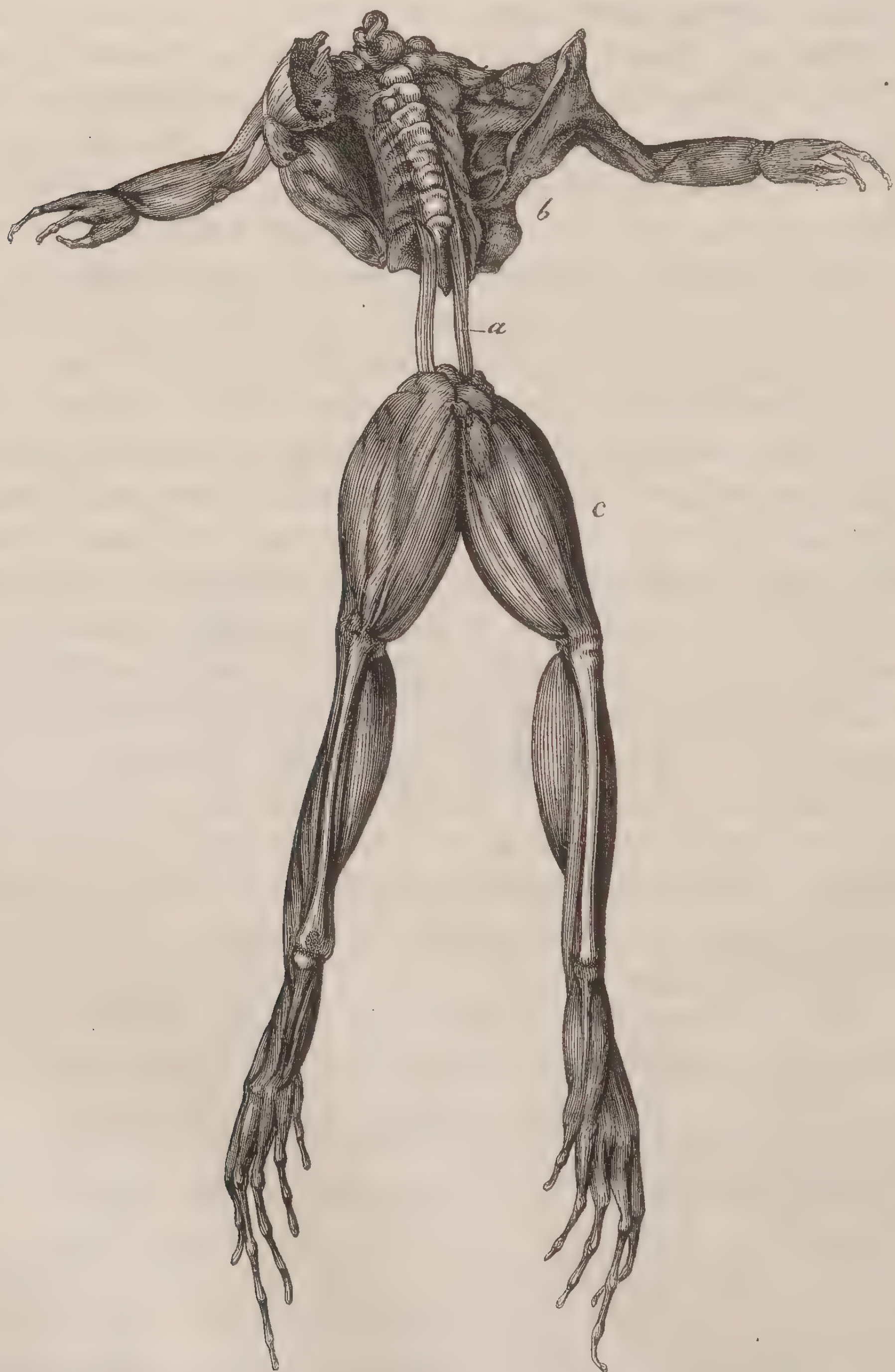
gen und wird alsdann durch das Häkchen e abgehoben, so stellt sich bisweilen, doch nicht immer, eine neue Zuckung, welche mit der Oeffnung der Kette zusammenfällt und daher mit dem Namen der Oeffnungszuckung belegt wird, ein. Selbst noch kleinere Streifen von Zink und Kupfer können den gleichen Erfolg hervorrufen.

Diese bedeutende Empfänglichkeit für galvanische Ströme führte früher 638
zu der Ansicht, daß die motorischen Nerven die empfindlichsten Galvanometer seien. Abgesehen aber davon, daß manche später in der Nervenphysiologie zu erwähnende chemisch-elektrische und thermo-elektrische Strömungen erst bei einem gewissen, verhältnißmäßig bedeutenderen Grade ihrer Größe durch Zuckungen beantwortet werden, können schon sehr schwache contactelektrische Ströme die Magnetnadel eines sehr empfindlichen Galvanometers afficiren, ohne daß sie Convulsionen eines ganz reizbaren Froschschenkels hervorrufen. Für den Beweis dieses Satzes eignen sich mitgetheilte Ströme am besten. Man umwickelt zu diesem Zwecke ein ungefähr 1 Fuß langes und 1 bis 2 Linien dickes Hufeisen mit umsponnenem Kupferdraht so genau als möglich und umgiebt es hierauf von Neuem mit Messing- oder Eisendraht. Bringt man nun die beiden Enden des Kupferdrahtes mit den beiden Polen eines galvanischen Plattenpaares, die beiden anderen Enden des Umwickelungsdrahtes mit den Näpfchen eines sensiblen Galvanometers in Berührung, so wird die Magnetnadel desselben bei dem Schlusse der Kette sowohl, als bei der Oeffnung derselben abweichen, während der Dauer des Geschlossenseins dagegen stillstehen. Bei einem Schröder'schen Galvanometer mit 1800 Windungen betrug dann die Abweichung, wenn das Plattenpaar klein war und als feuchter Leiter mit destillirtem Wasser oder Salzwasser durchtränktes Löschpapier diente, bei dem Schlusse der Kette $+ 10^0$ bis $+ 20^0$ und bei dem Oeffnen $- 2^0$ bis $- 5^0$. Diese Declination deutet einen äußerst schwachen Strom an. Denn bei dem eben erwähnten Plattenpaare von 1 Quadratlinie Oberfläche dreht sich die Nadel, wenn der erzeugte Strom unmittelbar durch das Galvanometer ging, im Kreise herum. Hat man sich nun überzeugt, daß ein sehr geschwächter mitgetheilter galvanischer Strom existirt, so reinigt man den Umwickelungsdraht auf das vollständigste und bringt den einen von ihnen an den Nerven, den anderen an den Muskel. Ist die Reizbarkeit nicht so groß, daß schon die Application der beiden Enden eines Drahtes an Nerv und Muskel Zuckungen hervorrufen, so wird man auch bei

dem obigen Versuche keine Convulsionen erhalten. Wir haben also hier einen sehr schwachen mitgetheilten Strom, welcher noch durch die astatische Magnetnadel eines empfindlichen Galvanometers angezeigt, durch die Muskeln dagegen nicht mehr constatirt werden kann.

639 Scheinbar die einfachsten galvanischen Versuche, welche mit thierischen Theilen dargestellt werden können, bestehen darin, daß man keine heterogenen Substanzen als Elektromotoren gebraucht. Zu diesem Zwecke enthauptet man einen Frosch, enthäutet ihn, durchschneidet die Bauchdecken und entfernt die Eingeweide. Nun hebt man jederseits das Lendengeflecht in die Höhe und trennt alle daneben liegenden Theile mit Ausnahme der genannten Nervenstämme, so daß sie allein a (Fig. 23) die Verbindung zwischen dem Rumpfe b und den Hinterfüßen c herstellen. Biegt man nun

Fig. 23.



den Fuß ohne Zerrung der Nerven gegen die letzteren oder eine bequeme Stelle der Rumpfmuskeln zurück, so gelingt es in einzelnen Fällen Zuckungen zu erhalten. Auf gleiche Weise kann man auch die hintere Extremität nur an dem Hüftnerven hängen lassen und den Gastrocnemius vorsichtig gegen ihn zurückwenden. Diese Versuche, welche von Humboldt, Ritter, Pfaff, Joh. Müller und mir mit Erfolg angestellt worden, gelingen diesseits der Alpen nur sehr selten und ausnahmsweise. Italienische Forscher, wie Volta, Nobili, Marianini und insbesondere Matteucci, beobachteten in diesem Falle die Convulsionen häufiger. Die letzteren reden von solchen Erscheinungen als etwas Gewöhnlichem. Wahrscheinlicher Weise liegt die Ursache hiervon in der größeren Wärme des italienischen Klimas.

Bei diesen Experimenten gelangt man seltener im Winter, als im Frühjahr oder Sommer zu positiven Resultaten, weil die Reizempfänglichkeit um diese Zeit größer ist. Die Erwärmung durch laues Wasser hilft hier nichts. Ich ließ z. B. frisch präparirte Frösche, welche die eben genannten Phänomene nicht darboten, einige Zeit (4 — 5 Minuten) in Wasser von 36° bis 38° C. liegen, ohne daß hierdurch die Excitabilität erhöht worden wäre.

Schaltet man zwischen Nerv und Muskel organische Theile desselben 640
Thieres oder eines anderen Geschöpfes ein, so erscheinen bisweilen, jedoch ebenfalls nur unter günstigen Bedingungen, bedeutende Zusammenziehungen. Diesen Fall haben wir z. B. mitunter, wenn wir ein an einem Handgriff von Siegellack befestigtes Muskelstück einerseits mit dem Nerven und anderseits mit dem Muskel in Berührung bringen (Al. v. Humboldt, Joh. Müller). Ebenso kann ein bloßes Stück des Nerven oder ein System eingeschalteter Muskelpartieen als Schlußstück der Kette dienen. Man legt z. B. zu diesem Zwecke ein Fragment eines Muskels an den Nerven, ein zweites an den Muskel und verbindet beide durch ein drittes Muskelstück mit einander (Al. v. Humboldt). Endlich erzielte ich in seltenen Fällen Convulsionen, indem ich nur den Hüftnerven mit einem Muskelfragmente desselben oder eines andern Thieres in Contact brachte. Wurde dasselbe aber an die Muskelsubstanz angelegt, so blieben die Zuckungen wenigstens in den mir bis jetzt vorgekommenen Fällen aus.

Bei sehr großer Reizempfänglichkeit kann man auch solche organische Ketten dergestalt einrichten, daß ihre einzelnen Theile wechselseitig auf einander wirken. Man legt z. B. zwei präparirte Froschschenkel so auf einander, daß der Nerv des einen den Muskel des andern und umgekehrt berührt.

Alle diese Versuche sind aber keineswegs so einfach, wie es auf den 641
ersten Blick erscheint. Wenn man z. B. den Muskel gegen den Nerven zurückbiegt, so wirken die heterogenen Substanzen von beiden als Elektromotoren, welche durch die ihnen anhaftende Feuchtigkeit in Verbindung gebracht werden. Die in Circulation gesetzte Elektricität regt den Nerven und dieser den Muskel an. Im Grunde genommen haben wir daher hier schon eben so gut eine vollständige galvanische Kette, als bei allen anderen Experimenten der Art; nur bedarf es eines sehr hohen Grades von Reiz-

empfänglichkeit, damit das Minimum von Galvanismus, welche in Thätigkeit tritt, durch Zuckungen beantwortet werde.

642 Diese Verhältnisse lehren zugleich, daß der wirksame organische Theil, er sei Nerv oder Muskel, als ein Elektromotor auftreten kann. Hieraus ergiebt sich von selbst, daß ein erregendes Element zur Erzeugung von Zuckungen hinzureichen vermag. Die Erfahrung bestätigt dieses auf das vollkommenste. Ist die Irritabilität sehr groß, so braucht man nur den Hüftnerven eines präparirten Froschschenkels ohne alle mechanische Zerrung mit einer Kupferplatte zu berühren, um mindestens eine Schließungszuckung, in günstigen Fällen aber überdies noch eine Oeffnungsconvulsion zu erhalten. Bei schwächerer Einwirkung dagegen kann die letztere ohne die erstere auftreten. Metall und Nerv mit dem dem letztern anhängenden Wasser bilden die Elektromotoren. Der Hüftnerv spielt also hier die doppelte Rolle eines erregenden und erregten Körpers zugleich.

Seltener gelingt der Versuch, wenn das Metall an den Muskel allein angebracht wird, am leichtesten und häufigsten hingegen, sobald das eine Ende des Kupfers oder Zinks den Nerven und das andere den Muskel berührt. Selbst durchfeuchtetes Papier vermag unter begünstigenden Verhältnissen in dieser Art zu wirken. Taucht man den Hüftnerven in ein Glas mit Wasser, Unterschenkel und Fuß dagegen in ein anderes mit gleicher Füllung und verbindet beide Gefäße durch einen befeuchteten Baumwollendocht, so ruft man bisweilen Krämpfe hervor (Nobili). Hier kann die Wirkung des Wassers auf die Baumwolle oder auf die organischen Theile das nöthige Quantum von Elektricität frei machen und in Circulation setzen.

643 Ist die Reizbarkeit nicht so stark, daß die unmittelbare Berührung des Nerven mit einem Metalle eine Schließungszuckung bedingt, so erhält man häufig eine Oeffnungsconvulsion, sobald man den Nervenstamm eine Zeit lang auf der Metallplatte liegen läßt und ihn dann mit einem Glasstäbchen oder einer mit Glasspitzen versehenen Pincette leise abhebt. Der Versuch gelingt mit Zink, Kupfer, Silber, Platin, Gold und Eisen. Daß hierbei die Metallplatte von wesentlichem Einflusse sei, kann man leicht sehen, wenn man statt ihrer eine Glasplatte anwendet. Denn in diesem Falle fehlen die Zuckungen. Reiben oder Erwärmung des Metalls erhöhen die Wirkung. Die Oeffnungszuckungen stellen sich dann mindestens sicherer ein. Ja ein Froschschenkel, der nur diese mit derselben Metallplatte früher darbot, kann nach dem Abreiben der letzteren selbst Schließungsconvulsionen zeigen. Wäscht man ein reines Platinblech mit Salpetersäure ab und reibt es alsdann sorgfältig mit Schmirgel, so tritt bisweilen der Fall ein, daß der Schenkel nach dem bloßen Auflegen des Hüftnerven eine Reihe sich rasch hinter einander wiederholender Krämpfe darbietet. Fehlt aber auch dieser Erfolg, so werden jedenfalls die Oeffnungszuckungen heftiger.

644 Bleibt die Schließungsconvulsion bei der Berührung des Nerven mit dem Metalle aus, so erscheint sie nicht selten, wenn der Nerv von einer gewissen mittleren Höhe auf das Metallblech hinabfällt oder mittelst einer Glasspitzenpincette vorsichtig an dem Metalle gerieben wird. Daß hier

keine bloß mechanische Reizung den Erfolg bedinge, lehrt der Umstand, daß die Convulsionen mangeln, wenn man statt der Metallscheibe eine Glasplatte wählt, die übrigen Bedingungen dagegen in derselben Weise eintreten läßt. Ebenso wird die Zuckung bisweilen hervorgerufen, wenn sich zwischen dem Nerven und dem Metalle ein Wassertropfen befindet. 645

Wählt man als Elektromotoren zwei Metalle, so wird sich, je nach der Natur derselben, das eine negativ, das andere positiv verhalten. Die physiologischen Wirkungen müssen daher auch nach der Beschaffenheit der Elektromotoren verschieden ausfallen. Leider besitzen wir in dieser Beziehung noch keine hinreichend sicheren Untersuchungen, um die Spannungsreihe mit befriedigender Genauigkeit zu bestimmen. Die bis jetzt vorliegenden Angaben beruhen mehr auf subjectiven Schätzungen, als auf hinreichend befriedigenden quantitativen Messungen. Nach Ritter nämlich würde rücksichtlich der physiologischen Wirkungen folgende Skale Statt finden: Krystallisirtes Manganoxyd, Graphit, Palladium, Arsenikkies, Kupferkies, Schwefelkies, Kupfernickel, Zinngraupen, Bleiglanz, Kohle, Silber, Quecksilber, Gold, Platin, Spießglanz, Messing, Kupfer, Arsenik, Kobalt, Wismuth, Eisen, Zinn, Blei und Zink. Diese Uebersicht beginnt mit dem negativsten Erreger und schließt mit dem positivsten. Die genauer ermittelte, durch Magnetnadel und Condensator bestimmte Spannungsreihe dagegen ist z. B. nach Poggendorff Mangansuperoxyd, Graphit, Platin, Kohle, Bleiglanz, Gold, Tellur, Schwefelkies, Schwefelkupfer, Quecksilber, Nickel, Silber, Chrom, Arsenik, Antimon, Wismuth, Kobalt, Kupfernickel, Magneteisenstein, Kupfer, Messing, Uran, Stahl, Eisen, Zinn, Blei, Mangan, Kadmium und Zink.

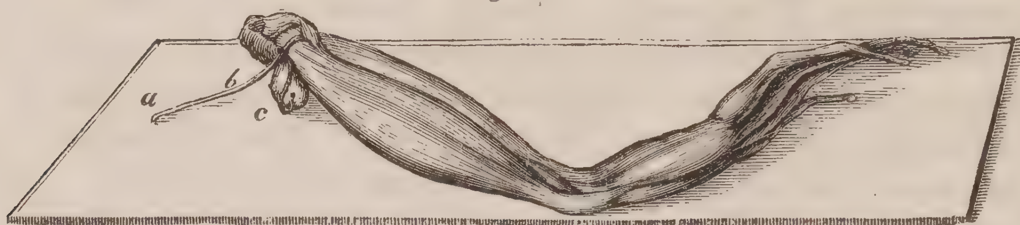
Alle Momente, welche die Stärke des galvanischen Stromes vergrö- 646
ßern, vermehren auch wenigstens bis zu einem gewissen Grade die in Folge desselben auftretenden Zuckungen. Eine bedeutendere Zahl von Plattenpaaren z. B. ruft in einem Präparate, welches auf eine einfache Kette nicht mehr reagirt, Convulsionen hervor. Sie entstehen auch häufig, wenn statt bloßen Wassers eine Auflösung von Kochsalz oder an der Stelle von dieser verdünnte Schwefelsäure gewählt wird. Leitungsdrähte von Kupfer oder Eisen wirken häufig besser, als solche von Platin oder Messing.

Auf gleiche Weise können Verhältnisse, welche in den dem Effecte aus- 647
gesetzten thierischen Theilen liegen, den Erfolg verhindern oder begünstigen. Die trockene Oberhaut übernimmt die Rolle eines Isolators in hohem Grade. Selbst eine mit Schleim überzogene Epidermis scheint zum Theil in diese Kategorie zu gehören. Wenigstens zuckt ein enthäuteter Froschschenkel ceteris paribus viel leichter, als ein mit seiner Haut bekleideter. Die dünneren und durchfeuchteteren Epithelien leisten schon einen weit geringeren Widerstand. Zu viel durchtränkende oder neben den thierischen Theilen angehäufte Feuchtigkeit schadet leicht dadurch, daß sie einen unrichtigen Weg des galvanischen Stromes veranlaßt und denselben auf andere Theile, als die dem Versuche zu unterwerfenden, ausdehnt. Dagegen treten die Resultate im Allgemeinen um so stärker hervor, je größere Ober-

flächen der thierischen Gebilde von den Elektromotoren oder den Elektroden berührt werden. Der Versuch versagt z. B. nicht selten, wenn die Poldrähte nur mit ihren Spitzen an den Nerven oder den Muskel angelegt sind. Er gelingt hingegen, sobald der Contact mit einer längeren Strecke derselben zu Stande gebracht wird.

648 Am leichtesten erhalten wir in jedem Falle Convulsionen, wenn die Elektroden den Nerven und den Muskel zugleich berühren. Bei höheren Graden der Irritabilität dagegen gelangen wir eben so gut zum Ziele, wir mögen den Nerven allein oder nur den Muskel mit den Poldrähten in Contact versetzen. Verschwindet aber die Irritabilität, so zeigen sich häufig Zuckungen, sobald nur die Muskelsubstanz den Schluß bewerkstelligt. Der Grund hiervon liegt darin, daß die Reizbarkeit des Nerven nicht plötzlich, sondern allmälig und zwar in centrifugalem Laufe aufhört. Wir können

Fig. 24



z. B. bei einem solchen Präparate den Theil a b des Nerven ohne allen Erfolg mit den beiden Poldrähten in Berührung bringen, während der Contact mit b c auf der Stelle Zuckungen bedingt. Schreitet aber die Lähmung des Nerven nach den Endschlingen seiner Primitivfasern fort, so muß der galvanische Strom, wenn er die Muskelsubstanz allein durchsetzt, die Enden der motorischen Nerven, welche ihre Irritabilität am längsten erhalten, anregen. Es wird dann schon aus diesem Grunde Zusammenziehung erfolgen. Abgesehen von dem Reizbarkeitszustande ist jedoch immer hierzu eine gehörige Durchfeuchtung des Muskels nothwendig.

649 Die scheinbar verschwundene Irritabilität kann durch Sammlung von Neuem hervortreten. Leiten wir in den Froschschenkel eines lebenden Frosches so lange galvanische Ströme ein, bis keine Zuckungen mehr erfolgen, so brauchen wir das Thier nur kürzere oder längere Zeit ruhen zu lassen, damit wiederum positive Erfolge unter den gleichen Verhältnissen eintreten. Selbst an isolirten Froschschenkeln gelingt diese Beobachtung vollkommen.

650 Die Einwirkung galvanischer Ströme wird auch zum Theil durch die Richtung derselben bestimmt. Zuvörderst äußert sich dieses durch die bisweilen auftretenden Erscheinungen des sogenannten Marianinischen Gesetzes. Nach ihm nämlich soll ein positiver Strom, wenn er centrifugal, d. h. von dem Nervenstamme nach den Endschlingen zu eingeleitet wird, nur bei dem Schlusse der Kette, sobald er aber centripetal hindurchgeht, bei dem Oeffnen derselben Convulsionen hervorrufen. Ein negativer centripetaler Strom dagegen erzeugt Schließungs-, ein centrifugaler Oeffnungsconvul-

sionen. Da das Nervenagens in den motorischen Nerven centrifugal strömt, so läßt sich daher auch das Marianinische Gesetz allgemeiner dergestalt formuliren, daß ein mit der Strömung des Nervenprincipes gleichläufiger positiver Strom bei dem Schlusse der Kette, ein entgegengesetzt gerichteter bei dem Oeffnen derselben Zusammenziehungen bedingt. Der letztere Fall erklärt sich leicht durch den Umstand, daß bei dem Oeffnen der Kette ein umgekehrter Strom in Bewegung kommt.

Nur bei einem gewissen mittleren Grade der Reizbarkeit und der Stärke der galvanischen Strömung erscheinen Resultate, welche den Marianinischen Gesetze genügend entsprechen. Ist die Receptivität der organischen Theile sehr groß oder der galvanische Strom zu stark, so erhalten wir doppelte Convulsionen, eine nämlich bei dem Schlusse und eine zweite bei dem Oeffnen der Kette. Geht dabei der positive Strom centrifugal, so ist die Oeffnungszuckung schwächer, als die Schließungscontraction. Findet das Umgekehrte Statt oder dringt ein negativer Strom centripetal ein, so erscheint auch der entgegengesetzte Erfolg. Bei lebenden Fröschen läßt sich häufig beobachten, daß bei centrifugaler Einleitung einer positiven galvanischen Strömung stärkere und sich häufiger wiederholende Convulsionen entstehen, als wenn man denselben Strom centripetal durchtreten läßt. Läßt sich aber auch noch in diesen Fällen das Marianinische Gesetz oft genug herausfinden, so wird es in anderen, wo störende Nebenmomente überdies noch thätig sind, ganz und gar unkenntlich. Wenn z. B. die Reizempfänglichkeit sehr gering ist, so kommt bisweilen erst dann eine Wirkung zu Stande, wenn der galvanische Strom einige Zeit eingewirkt hat. Unter solchen Verhältnissen aber können wir, wie man leicht sieht, bei Einleitung eines positiven centrifugalen Stromes keine Schließungs-, wohl aber eine Oeffnungszuckung veranlassen. Eine andere Irrung vermag dadurch zu entstehen, daß sich der Strom der galvanischen Säule nicht gleich bleibt und die Schwankungen oder allmäligen Verminderungen desselben bei dem Grade der Reizempfänglichkeit des Präparates einen wesentlichen Einfluß erhalten. Auf diese Weise wird es dann möglich, daß wir bei einem positiven centrifugalen Strome eine Schließungs- und keine Oeffnungszuckung erhalten, wenn die Schlußdauer einige Zeit angehalten hat. Endlich können auch noch die bald zu erwähnenden Voltaischen Alternative wesentliche Veränderungen der Resultate hervorrufen.

Wiederholen wir die Einführung eines positiven centrifugalen Stro- 651
mes in einen präparirten Froschschenkel eine Reihe von Malen hinter einander, so werden die Zuckungen immer schwächer, bis sie endlich ganz und gar aufhören. Hiermit ist aber die Reizbarkeit des Präparates keineswegs erloschen. Denn leiten wir alsdann einen positiven Strom centripetal ein, so entstehen häufig starke Convulsionen, die bei Wiederholung des Versuches wiederkehren, früher oder später aber immer schwächer werden und endlich ebenfalls ganz aufhören. Ist dieses der Fall, so können wir von Neuem Contractionen anregen, wenn wir den positiven Strom abermals centrifugal durchführen u. s. f. Diese Erscheinung bezeichnet man mit

dem Namen der Voltaischen Alternative. Das allgemeinere, ihnen zum Grunde liegende Gesetz läßt sich aber in folgenden Worten zusammenfassen. Durch anhaltende Wiederholung der Einleitung eines galvanischen Stromes in einer bestimmten Richtung geht die Reizempfänglichkeit des Präparates für jenen allmälig verloren. Dafür aber ist eine größere oder geringere Receptivität für einen gleichen, aber entgegengesetzten Strom vorhanden. Hat sich auch dieser durch öftere Wiederholung unwirksam gemacht, so zeigt sich von Neuem ein größerer oder geringerer Grad von Empfindlichkeit für eine entgegengesetzte Strömung, d. h. für eine solche, für welche früher schon das Präparat abgestumpft gewesen u. s. f. Je stärker die Irritabilität ist, um so häufiger läßt sich dieser Wechsel mit Erfolg wiederholen, um so größer werden aber zugleich die Perioden, während welcher das Präparat eine und dieselbe Stromesrichtung beantwortet.

Auch auf den lebenden Organismus und nicht bloß auf losgelöste Stücke des todten Körpers findet das Gesetz der Voltaischen Alternative seine Anwendung. Dieses lehrt z. B. folgender einfache Versuch. Man applicire die positive Elektrode einer aus 40 bis 50 Zink-Kupferplattenpaaren bestehenden galvanischen Säule an den Rücken, die negative an die Füße eines lebenden Frosches und wiederhole das Oeffnen und Schließen der Kette mittelst des erstern Drahtes so lange, bis nur äußerst schwache Zuckungen erscheinen oder alle Convulsionen ausbleiben. Nun lege man die negative Elektrode an den Rücken, die positive dagegen an die Füße. Bei Erneuerung der Schließung und Oeffnung erzeugen sich wiederum bedeutende Convulsionen. Jedoch sind diese meistentheils schwächer und bleiben auch in der Regel früher, als die durch den positiven centrifugalen Strom erlangten Wirkungen aus.

652 So lange nicht die Schließungen einer verhältnißmäßig stärkeren galvanischen Säule zu rasch hinter einander erfolgen, treten nur momentane Contractionen auf. Befindet sich die positive Elektrode z. B. in dem Rückenmarke eines enthaupteten Frosches, während die negative an die Hinterfüße applicirt wird, so werden die letzteren momentan gestreckt und nach dem Aufhören der Wirkung sogleich wieder in ihre weniger genirte Beugung gebracht. Wiederholen sich dagegen die Schläge in so kurzen Zeiträumen, daß die Flexionen gar nicht oder nicht vollständig zu Stande kommen können, so entstehen Extensionsstarrkrämpfe, d. h. die Hinterfüße des Frosches bleiben möglichst ausgestreckt. Nur zittern höchstens aliquote Partien ihrer Muskeln. Hierbei scheint jedoch der Erfolg von der Richtung und der Stärke der Strömung theilweise abzuhängen. So sieht man z. B. bisweilen bei schwächeren Säulen bloß momentane Zuckungen, bei stärkeren dagegen tetanische Extensionskrämpfe. Diese lassen sich in manchen Fällen durch einen centripetal eingeleiteten Strom für den Augenblick aufheben. In anderen hingegen mißglückt der Versuch gänzlich.

Von den genannten, an den Hinterfüßen der Frösche zu beobachtenden Erscheinungen ausgehend, hat man die Einführung centripetal gerichteter positiver galvanischer Ströme als Heilmittel gegen Starrkrämpfe des Menschen anempfohlen (Matteucci).

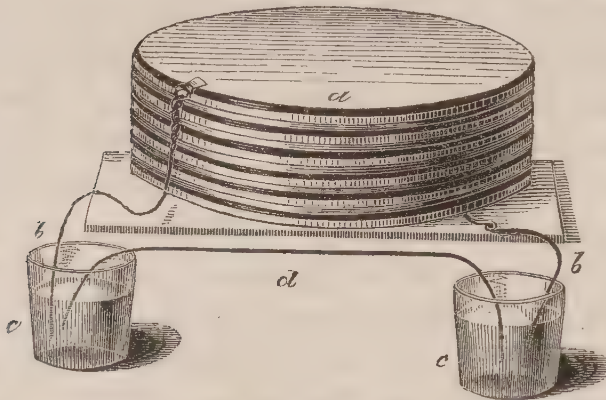
Allein abgesehen davon, daß diese galvanischen Versuche die Grundursachen, deren bloße äußere Folge der Starrkrampf bildet, aufzuheben außer Stand sind, fragt es sich noch sehr, ob selbst der bei dem Frosche immer nur bisweilen auftretende Erfolg bei dem Menschen ohne die schädlichen Nebenwirkungen sehr heftiger galvanischer Ströme auch nur in Einzelfällen erzielt zu werden vermag, und ob ein Tetanus, der durch keine galvanischen Strömungen entstanden, durch solche auch dauernd aufgehoben werden könne. Der Galvanismus bildet hier jedenfalls ein zweideutiges Mittel, das überdies an und für sich schon gefährlich ist und die für andere therapeutische Versuche so kostbare Zeit unnütz in Anspruch nehmen kann.

Bei allen Einwirkungen contactelektrischer Ströme, welche bisher er- 653
läutert worden, treten die Zuckungen nur im Momente des Schlusses oder der Oeffnung der Kette hervor. Während der Dauer des Schlusses dagegen verhalten sich die Muskeln selbst bei der stärksten galvanischen Strömung eben so ruhig, als wenn gar keine Schließung Statt gefunden hätte, oder gar kein Galvanismus angewendet worden wäre. In Wahrheit kehren diese Verhältnisse als Grundgesetze immer wieder. Allein eine scheinbare Ausnahme hiervon giebt sich bei einzelnen Versuchen zu erkennen. Man lege bei einem lebenden Frosche den Gastrocnemius bloß und bringe die eine Elektrode einer galvanischen Säule an die Oberfläche des Muskels, während man die andere in einer geringen Entfernung, z. B. in einer Distanz von ½ bis 1 Linie, von der Muskelmasse entfernt hält. Es erscheinen dann, so lange die Verhältnisse dieselben bleiben, unaufhörliche Zuckungen vorzüglich der oberflächlicheren Muskelbündel. Drückt man dagegen die zweite Elektrode an die Muskelsubstanz an oder hält sie weiter von ihr entfernt, so bleibt Alles in Ruhe, so lange keine Schließung oder Oeffnung der Kette erfolgt. Schneidet man die Achillessehne durch, so daß sich die ihrer einen Anheftung beraubte Muskelsubstanz zurückzieht, so schwindet das oben erwähnte anhaltende Zittern, wenn selbst der zweite Poldraht ½ bis 1 Linie von der Oberfläche der Muskelfasern entfernt bleibt. Die Erscheinung tritt aber von Neuem hervor, sowie wir die Achillessehne festbinden. Dagegen fehlt sie oft in jedem Falle, wenn man zwischen der Elektrode und der Muskeloberfläche ein Blatt Schreibpapier oder ein Stückchen trockenen oder feuchten Löschpapiers oder nasser Leinwand einschaltet. Bei sehr großer Reizbarkeit gelingt auch der Versuch, wenn man den Kupferdraht unter den Muskel schiebt und den Zinkdraht dem Hüftnerven möglichst nahe bringt, ohne daß jedoch eine unmittelbare Berührung Statt findet.

Bei allen contactelektrischen Erscheinungen muß der der Wirkung aus- 654
zusetzende organische Theil ein Glied der Kette bilden. Jede Ausnahme hiervon ist nur eine scheinbare. Nehmen wir z. B. einen präparirten Froschschenkel, dessen Nerve durch Berührung mit einem Zinkstreifen keine Zuckungen hervorruft, so entstehen bisweilen Convulsionen, wenn wir die Elektroden einer größern galvanischen Säule durch diesen Zinkstreifen verbinden und nun den letzteren mit dem Nerven in Contact bringen. Hier durchsetzt aber der Strom das Nervenstück eben so gut als den Zinkstreifen und wird auch auf diese Weise zu dem unmittelbaren Erreger der Muskelzusammenziehung.

Daß mitgetheilte galvanische Ströme, wenn auch in verhältnißmäßig geringerem Grade Muskelzuckungen hervorrufen können, wurde schon früher (§. 638) angeführt. Ebenso kann ein Metall dadurch, daß es eine kurze Zeit als Glied einer geschlossenen galvanischen Kette gedient hat, befähigt werden, Contractionen zu erzeugen. Am einfachsten sieht man diese bei folgendem Versuche. Man errichte eine galvanische Säule a von 10 Zink-Kupferplatten von 2 Quadratzoll Oberfläche und gebrauche hierbei als feuchten Leiter sehr dünne Schwefelsäure und als Elektroden lange und starke Platindrähte b b. Die letztern tauchen in zwei mit destillirtem Wasser gefüllte Gläschen c c. Nun nehme man einen präparirten Froschschenkel, welcher, wenn man den Muskel und den Nerven mit einem Platindrahte berührt, keine Zuckungen darbietet, und schließe durch jenen Draht d die galvanische Kette. Hat er hierzu auch nur eine halbe Minute oder selbst noch kürzere Zeit gedient, so wird er auf dasselbe Froschpräparat, welches er früher nicht afficirte, einwirken und Zuckungen hervorrufen. Diese erschienen bei meinen Versuchen am leichtesten, wenn zuerst das eine (der negativen Elektrode) entsprechende Ende an den Nerven und hierauf das andere an den Muskel applicirt wurde. Geschah das Umgekehrte, so blieben die Convulsionen in der Regel aus. Jedoch beobachtete ich sie nach hier in einigen Fällen. Man kann den Platindraht auf das sorgfältigste abtrocknen, ohne daß er diese Eigenschaft verliert. Ebenso behält er sie einige Zeit lang bei. An dickeren Platindrähten verblieb diese Eigenthümlichkeit länger, als an sehr dünnen. Durch Glühen ging sie immer verloren, erschien jedoch, wenn das Metall von Neuem in die Wassergefäße eingetaucht wurde, wie früher, wieder.

Fig. 25.



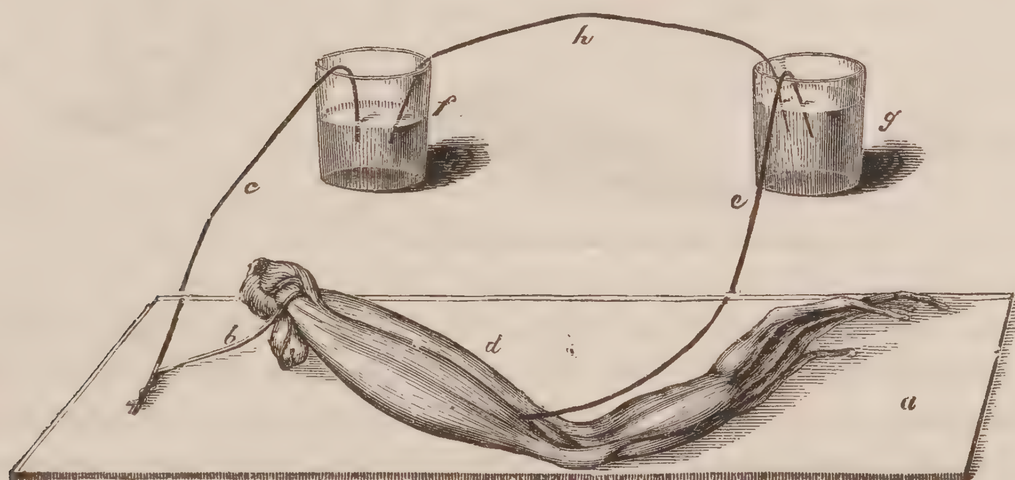
Diese Erscheinung läßt sich kaum anders erklären, als daß das (schlechter leitende) Platin eine Zeit lang die Folgen des galvanischen Stromes bewahre. Man könnte zwar auf den ersten Blick annehmen, daß das elektrolysirte Wasser, in dem es mit Sauerstoff- oder Wasserstoffgas imprägnirt werde, die Ursache des Phänomens bilde. Allein abgesehen davon, daß der sorgfältig abgetrocknete Platindraht seinen Effect noch beibehält, tritt dieser schon hervor, wenn selbst noch keine Gasbläschen an den Elektroden wahrgenommen werden. Daß er durch Glühen zu Grunde gehe, erinnert gewissermaßen an die Magnete, welche durch elektrische oder andere Grundwirkungen erzeugt werden.

Dieselben Resultate liefern auch mannigfache Abänderungen des Versuches. Man wählt z. B. einen präparirten Froschschenkel, der zwar noch sehr reizbar ist, jedoch nicht mehr die Application eines einzigen Metalles an den Hüftnerven durch Zuckungen beantwortet. Nun schließt man den oben abgebildeten galvanischen Apparat durch einen

Kupferdraht, welcher trocken oder mit destillirtem Wasser an den Nerven angelegt keine Convulsionen bedingt. Hat er eine Zeit lang als Glied der Kette gedient, so bleiben dann die Wirkungen nicht aus. Diese erfolgen sogar nicht selten, wenn man die Kette anderweitig vervollständigt und nur den Kupferdraht in das der positiven Elektrode entsprechende Wasser taucht. Auch Messing führte zu ähnlichen Resultaten. Wählt man einen Froschschenkel, dessen Reactionen schon fehlen, wenn man den Nerven mit einem und den Muskel mit einem anderen Platinblech berührt, so kommen sie unter den gleichen Verhältnissen zum Vorschein, sobald die Metallblätter in die oben erwähnten Wassergefäße eingesenkt und wieder herausgenommen worden sind.

Daß chemische Einwirkungen durch die sie begleitenden elektrischen Ströme die Muskelsubstanz zu Convulsionen anregen, beweist ein von Becquerel angegebener und leicht zu wiederholender Versuch. Man lege einen präparirten Froschschenkel auf eine Glasplatte a und applicire an 656

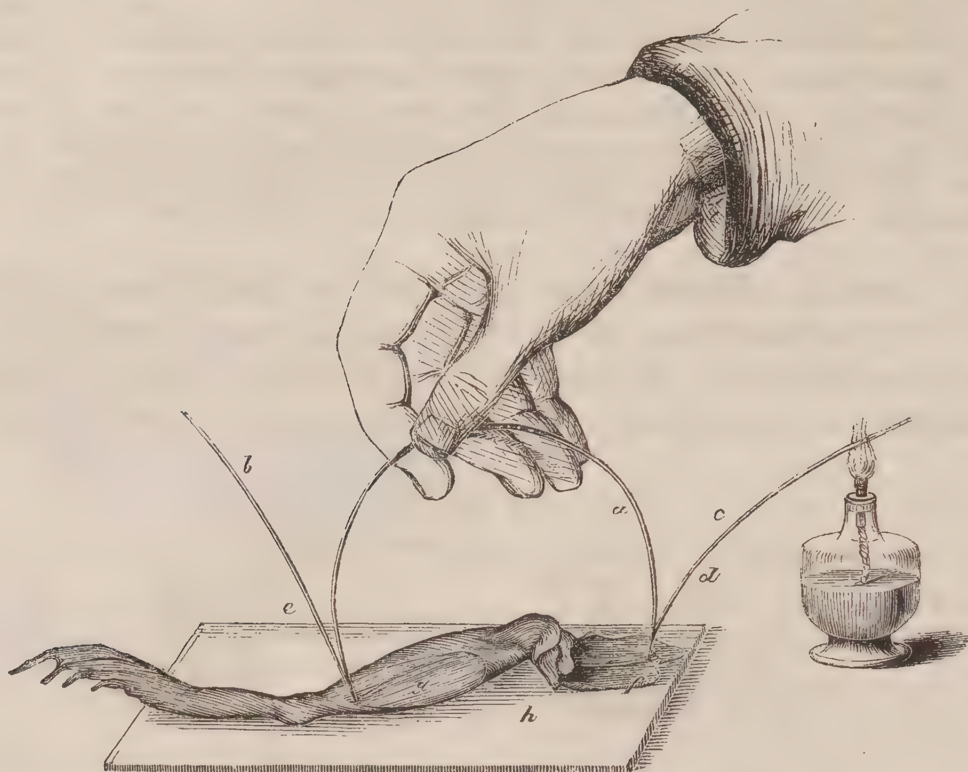
Fig. 26.



den Nerven desselben b ein Platinblech c und den Muskel d ein zweites der Art e. Das erstere Metallblatt c taucht in ein Gefäß f mit sehr verdünnter Salpetersäure, das zweite e in ein solches g, welches eine sehr diluirte Auflösung von kaustischem Kali enthält. Verbindet man nun beiderlei Gefäße durch einen befeuchteten Baumwollendocht, so erzeugen sich starke Zuckungen im Augenblicke des Schlusses der Kette. Noch einfacher läßt sich der Versuch folgendermaßen anstellen. Man fülle die beiden Gläschen f und g mit bloßem destillirten Wasser und leite die Platinbleche c und e an den Nerven und den Muskel eines Froschschenkels, der nicht mehr zuckt, sobald man f und g durch einen Platindraht h vereinigt. Gießt man nun in das eine Gläschen nur einige Tropfen Salpetersäure, so erhält man bisweilen so starke Zuckungen, daß der Froschschenkel von dem Platinbleche hinwegspringt.

Um zu zeigen, daß auch thermoelektrische Strömungen die Energieen der Muskelfasern erregen, biegt man sich einen ausgeglühten Eisendraht a, Fig. 27, von 5 Decimeter Länge und 2 bis 3 Millimeter Dicke hufeisenförmig, löthet an jedes Ende desselben einen 3 Decimeter langen und 2 Millimeter dicken Kupferdraht b und c an und spitzt die Löthungsenden zu. Man applicirt hierauf die eine Spitze d an den Nerven f, die andere 657

Fig. 27.



e an den Muskel g eines auf einer Glasplatte h befindlichen Froschpräparates und überzeugt sich, daß die Schließung oder Oeffnung der Kette keine Wirkung hervorruft. Erhitzt man nun denjenigen Kupferdraht c, welcher mit seinem Ende d den Nerven f berührt, durch eine untergesetzte Weingeistlampe, so entstehen bei dem Schlusse der Kette, noch lange bevor sich Rothglühen einstellt, starke Convulsionen, während diese bei dem Oeffnen derselben ausbleiben. Ist umgekehrt das den Muskel berührende Ende das erwärmtere, so fehlen die Zuckungen gänzlich oder erscheinen nur schwach. Da die applicirte Löthungsstelle, selbst wenn das entgegengesetzte Ende des Löthungsdrahtes glühend wird, der fühlenden Hand keine wesentlich höhere Temperatur darbietet, so erhellt hieraus, daß die thermoelektrische Wirkung und nicht die Erhöhung der Temperatur allein die positiven Resultate des Experimentes hervorruft.

Minder sicher ist ein anderer Versuch, welcher in dieser Beziehung von Becquerel angegeben worden. Man rollt die beiden Enden eines Platindrahtes spiralig ein, legt einen präparirten Frosch auf ein Platinblech, erhitzt das eine spiralige Ende des Drahtes bis zum Rothglühen und applicirt es an die Austrittsstelle der Nerven des Hinterfußes aus der Wirbelsäule, während man das andere kältere an den Schenkel anlegt. Es entstehen dann heftige Zuckungen. Geschieht die Application in umgekehrter Ordnung, so erhält man nur schwache Convulsionen. Zu dieser Beobachtung können nur solche Präparate dienen, bei welchen die bloße Berührung der Austrittsstellen der Nerven mit dem glühenden Platindrahte erfolglos bleibt. Allein gerade diese Grundbedingung tritt nicht immer ein, so daß der Versuch in dieser Hinsicht in vielen Fällen nicht conclusiv erscheint.

658 Endlich werden auch magnetelektrische Strömungen von Zusammenziehungen der afficirten Muskelfasern begleitet. Dieses können wir an uns

selbst wahrnehmen, wenn wir die beiden Elektroden eines in Thätigkeit begriffenen Magnetelektromotors mit feuchten Händen berühren. Bei Fröschen erhält man auf diese Weise sehr lebhafte Wirkungen und bei rasch auf einander folgenden Schlägen tetanische Krämpfe.

Die näheren Verhältnisse der Wirkungen der Magnetelektromotoren und der Anwendung derselben zu medicinischen Zwecken werden in der Nervenphysiologie erläutert werden.

Chemische Reize sind ebenfalls geeignet, die Energien der quergestreif- 659
ten Muskelfasern zu wecken. Appliciren wir auf einen motorischen Nerven eine Substanz, welche wie Alkohol, Aether, Säuren, Alkalien, Sublimat, salpetersaures Silberoxyd u. dgl. die Molecularbeschaffenheit oder die Zusammensetzung des Primitivfaserinhaltes verändert, so wird diese örtlich tödtende Einwirkung durch eine Zuckung der entsprechenden Muskeln beantwortet. Die chemisch zerstörte Stelle der Nervenfaser verhält sich dann auf die gleiche Weise, als wenn sie gänzlich durchschnitten worden wäre, d. h. der von ihr aus nach dem Centralnervensysteme hin liegende Theil übt keinen directen Einfluß auf die Muskelzusammenziehung aus, während Reizung der peripherischen Parthie sie ungehindert hervorzurufen fortfährt. Sie erscheint auch in stärkerem Maaße, wenn Substanzen, wie concentrirte Mineralsäuren, an den Nerven und den Muskel zugleich angebracht werden. Kaustisches Kali wirkt auf die Irritabilität noch feindlicher als Salpetersäure, Salzsäure und Essigsäure. Indifferente Verbindungen, wie Kochsalz, dagegen haben einen geringeren Einfluß.

Sehr verdünnte Lösungen chemisch eingreifender Körper können Contractionen bedingen, ohne daß dadurch die Reizbarkeit verloren geht. Diese wird jedoch meistentheils durch die anhaltende oder sich wiederholende Einwirkung solcher Substanzen immer mehr geschwächt und zuletzt gänzlich aufgehoben.

Endlich vermag auch die bloße Atmosphäre Zuckungen anzuregen. Bei frisch getödteten Säugethieren ereignet es sich selten, daß einzelne Muskelfasern an enthäuteten Stellen lebhaft zittern. Noch stärker sieht man dieses bisweilen an enthaupteten Menschen ¼ bis ½ Stunde nach der Hinrichtung. Am auffallendsten aber tritt der Einfluß der Luft an dem Herzen und den an ihm befindlichen großen Gefäßen hervor. Schon Haller fand, daß wenn man Atmosphäre in die Hohlvene einspritzt, lebhafte Bewegungen der letzteren und des Herzens selbst zum Vorschein kommen. Aehnliche Erfahrungen von Nysten werden wir in der Folge kennen lernen.

Die narcotischen Substanzen scheinen bei örtlicher Anwendung auf den Ner- 660
ven nur dann zu wirken, wenn sie zugleich den Primitivfaserinhalt chemisch angreifen. Legte man bei einem Kaninchen den Hüftnerven bloß, schob unter ihn ein Kartenblatt und applicirte auf ihn eine Stunde vorher bereitete und unterdeß in Schnee aufbewahrte Blausäure, so ging die Reizbarkeit der local afficirten Stelle der Nervenfasern nicht verloren (Kürsch-

ner)[1]. Dieselbe Erfahrung läßt sich in Betreff des Strychnin anstellen. Man enthauptet einen Frosch und schneidet alle Theile des Oberschenkels mit Ausnahme des Hüftnerven los. Nun bestreut man die Mitte des letzteren rings herum in einer Ausdehnung von 1/4 bis 1/2 Linie mit salpetersaurem Strychnin und gießt einen kleinen Wassertropfen hinzu. Man wird dann finden, daß nach vollständiger Auflösung des Giftes und completer Imprägnation des Nerven durch die Solution mechanische Reizung des oberen Theiles des N. ischiadicus die stärksten und anhaltendsten Convulsionen hervorruft. Der Erfolg bleibt der gleiche, wenn selbst der ganze Nerve in eine laue wässerige Lösung des Strychnin getaucht wird oder einige Zeit darin aufbewahrt worden.

Wässerige Opiumtinctur verhält sich auf eine wesentlich verschiedene Weise. Man kann zwar allerdings einen Tropfen Opiumtinctur auf die Mitte des in obiger Weise präparirten Hüftnerven bringen, ohne daß die Irritabilität local zerstört wird. Allein taucht man den Nerven im Ganzen oder selbst nur ein Stückchen desselben eine oder wenige Minuten in kalte wässerige Opiumtinctur, so hört die Reizbarkeit, so weit das Reagens örtlich eingewirkt hat, gänzlich auf. Hierbei scheint jedoch die Flüssigkeit nicht sowohl als Narcoticum, denn als scharfe Verbindung zu wirken.

Wird Strychnin auf den Muskel gebracht, so verhält es sich eben so indifferent, als wenn es auf den Nerven einwirkt. Wässerige Opiumtinctur dagegen lähmt auch unter diesen Bedingungen. Am deutlichsten sieht man dieses bei einem von Henry und Joh. Müller angestellten Versuche, welcher mir bei noch so ofter Wiederholung nie mißglückte. Schneidet man nämlich ein noch pulsirendes Froschherz auf und bestreicht die inneren Oberflächen der Kammerwandung mit wässeriger Opiumtinctur, so hört die Zusammenziehung des Ventrikels augenblicklich auf und kann selbst nicht durch Einleitung stärkerer galvanischer Ströme wieder hervorgerufen werden. So sicher aber dieser Erfolg ist, so wenig bleibt der Herzschlag immer oder selbst nur in den meisten Fällen aus, wenn man ein noch unverletztes reizbares Froschherz in Opiumtinctur taucht. Berührt diese nur die Außenfläche des Organes, so erhalten sich oft die Pulsationen entweder ganz unverändert oder werden nur wenig geschwächt. Es wird sich in der Nervenphysiologie ergeben, daß dieser Versuch andeutet, daß hier die Opiumtinctur mehr auf die feineren Nervenverbreitungen im Herzen, als auf die Muskelsubstanz einwirkt.

661 Die verschiedenen physikalisch-chemischen Einflüsse wirken auf die Muskelirritabilität mit verschiedener Energie ein. Am empfindlichsten erscheint sie gegen contactelektrische Ströme, denn diese rufen häufig noch an Präparaten Zuckungen hervor, welche mechanische und selbst einzelne chemische Reize nicht mehr beantworten. Jedoch zeichnen sich auch anderweitige galvanische Strömungen, wie z. B. diejenigen, welche durch wenige, aber sehr

[1] R. Wagner Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 37.

große Platten oder durch die Grove'sche Säule erregt werden, durch ihre verhältnißmäßig geringen physiologischen Wirkungen aus.

662 Alle bisher genannten äußeren Reize rufen im Leben nur bei seltener vorkommenden Veranlassungen Zusammenziehungen der quergestreiften Muskelfasern hervor. Den Haupterreger derselben bilden hier vielmehr die Strömungen des Nervenprincipes oder die Fortpflanzung eines Irritamentes in den motorischen Nervenfasern. Da aber eine Endschlinge der letzteren einer Gruppe von contractilen Fasern entspricht, so können wir uns die Wirkungsweise so vorstellen, daß irgend ein uns unbekanntes Agens im Momente der Circulation des Nervenprincipes in den Nervenenden hervorströmt und die Energien der Muskelfasern nach Art eines Reizes hervorruft.

In Betreff dieses nervösen Irritamentes gelten nun dieselben Normen, welche schon früher (§. 583) als die Grundgesetze der vitalen Erscheinungen angeführt worden. Jede mit einem gewissen Wechsel von Thätigkeit und Ruhe verbundene Uebung erkräftigt. Durch fleißiges Gehen z. B. stärken wir unsere Bewegungsorgane. Eben so wird die Intensität der Muskelenergie vergrößert, sobald das Quantum der Kraftanstrengung das gewöhnliche Mittel überschreitet, ohne jedoch zu einer anhaltenden Ueberspannung zu führen. Aus diesem Grunde wird auch angestrengte Arbeit zu dem Erreger einer bedeutenderen Quantität oder Intensität der Irritabilitätsäußerung. Zu starke oder zu oft und zu rasch wiederholte Kraftübungen erschlaffen, sobald nicht die zur Sammlung nöthigen Zwischenmomente der Ruhe existiren. Wie überall, so vermag daher auch bei den Muskelfasern durch übermäßige Arbeit ein augenblicklicher größerer Effect auf Kosten der Zukunft erzielt zu werden. Mangel an Uebung hebt die Energie und Reizempfänglichkeit allmälig auf und kann so zu gänzlicher Lähmung überführen. Ein Glied z. B., das Jahre lang nicht gebraucht wird, verfällt zuletzt in Paralyse. Krankhafte Stimmungen der Reizempfänglichkeit endlich beantworten die Irritamente auf keine entsprechende Weise. Ist die Receptivität zu groß, so sind die Wirkungen mäßiger Reize explodirend. Der augenblickliche Effect wird größer. Die Quantität oder die Intensität des Erfolges ist momentan verstärkt. Allein Erschöpfung oder Lähmung folgen früher oder später nach. Bei zu schwacher Reizempfänglichkeit rufen nur stärkere Eingriffe Wirkungen hervor, bis endlich auch diese einflußlos bleiben und eine vollkommne Lähmung das Uebergewicht gewinnt.

663 Die anatomische Beschaffenheit der mit quergestreiften Muskelfasern versehenen Theile geht häufig den möglichen Größen ihrer Thätigkeitsäußerungen mehr oder minder parallel. Für das freie Auge bilden das Volumen, die Röthe und die Consistenz bei dem Menschen und den höheren Thieren die deutlichsten Kriterien. Kräftige Muskeln erscheinen stärker, röther und härter als schwächliche. Unter dem Mikroskope treten erst bei bedeutenderen Graden der Verschiedenheit der Zustände bestimmtere Differenzen hervor. Das Volumen giebt hier zu gar keinen diagnostischen Merkmalen Veranlassung. Denn der Muskel des kräftigsten Mannes hat

durchschnittlich dieselben Maxima und Minima der Breiten von Muskelfasern wie der des schwächlichsten Mädchens. Wenn daher ein geübter Muskel voluminöser wird, so muß, da die Umfangsvermehrung auf keiner bloßen Verstärkung des Perimysium beruhen kann, die Zahl der Muskelfasern zunehmen. Die Verschiedenheiten der rothen Färbung und der Consistenz aber lassen sich unter dem Mikroskope weit weniger als mit dem freien Auge beurtheilen.

Geht dagegen ein Muskel durch Mangel an Uebung in den Zustand der Unbrauchbarkeit über, so treten so bedeutende anatomische Veränderungen der letzten Elemente ein, daß die mikroskopischen Studien erheblichere Früchte tragen. Die blasse grauweiße Faser läßt ihre Querstreifen minder deutlich erkennen oder bietet dieselben stellenweise gar nicht dar. Sie erzeugen sich auch nicht mehr durch die Einwirkung des kalten Wassers, des Weingeistes oder anderer äußerer Einflüsse, welche sie sonst stärker hervortreten lassen. Dafür fallen die Längsfäden um so mehr ins Auge. Allein auch diese besitzen nicht immer die Schärfe und Festigkeit, welche sie sonst in frischen und gesunden Muskelfasern besitzen. Vielmehr erscheint die Faser grau und weich. Sie erinnert in hohem Grade an gesunde Fasern, welche schon längere Zeit der Einwirkung der Maceration ausgesetzt worden.

Meistentheils, jedoch nicht immer fehlt überdies jene eigenthümliche Beschaffenheit der Durchschnittsränder, welchen wir §. 623 an den gesunden Muskelfasern geschildert haben.

Offenbar verschwinden später zum Theil die auf solche Weise entarteten Fasern, so daß der Umfang des Muskels abnimmt. Diese Volumensverminderung wird jedoch wenigstens in mancher Hinsicht bisweilen dadurch ausgeglichen, daß sich eine größere Menge Fettes zwischen den noch bleibenden Bündeln absetzt (§. 568). Bei Reptilien dagegen scheint eine solche Compensation zu fehlen. Wird der Muskel von neuem geübt, so kann er seine frühere rothe Farbe, seinen Umfang und die normale Beschaffenheit seiner Elementartheile vollständig wieder erlangen.

Ist der Mangel der Zusammenziehung in Folge der Durchschneidung des motorischen Nerven, der sich später nicht wieder erzeugt hat, eingetreten, so verändern sich auch die anatomischen Verhältnisse des peripherischen Nervenstückes auf eine der Desorganisation der correspondirenden Muskelfasern mehr oder minder entsprechende Weise. Auf diesen Verhältnissen, welche zum Theil schon Bd. I. S. 703 berührt worden, werden wir in der Nervenphysiologie zurückkommen.

664 Die schon früher erwähnten Erscheinungen und die eben erörterten Thatsachen deuten darauf hin, daß die Querstreifung und ein energisches Zusammenziehungsvermögen der mit ihr versehenen Muskelfasern Hand in Hand gehen. In der That verläßt uns dieses Merkmal bei keiner Muskelfaser, die schon so weit ausgebildet ist, daß die Querlinien an ihr hervortreten können. Dagegen sehen wir in frühester Embryonalzeit an Blastemmassen, welche sich in der Folge zu zusammengesetzten Muskelfasern umbilden sollen, sehr energische Contractionen hervortreten, bevor noch die Fasern vollkommen entwickelt sind und Querlinien besitzen. Das noch

schlauchförmige, in sich umgebogene Herz sehr junger Embryonen des Hühnchens z. B. zieht sich schon weit früher, als wir eine entsprechende Zahl quergestreifter Muskelfasern an ihm unter dem Mikroskope wahrnehmen können, mit vieler Energie zusammen.

Der ursprüngliche Grund dieser Reizbarkeitserscheinungen 665
hat zu vielfachen Controversen Veranlassung gegeben. Es fragt sich nämlich: Ist die Contractionsfähigkeit eine inhärirende Eigenschaft der quergestreiften Muskelfasern, welche nur durch das motorische Nervenprincip gleich jeder anderen Art von Reiz angeregt wird, oder verdanken die Muskelfasern ihre Energie den bewegenden Nervenfasern allein, so daß jene als eine bloße Folgeerscheinung nach der Zerstörung der letzteren bald aufhört. Haller betrachtete die Zusammenziehung als eine bloße Folge einer eigenthümlichen Kraft der Muskelfaser, welche er daher auch mit dem Namen der Muskelirritabilität bezeichnete, und vertheidigte nach dem damaligen Stande der Wissenschaft mit vollem Rechte die Unabhängigkeit dieser Erscheinung von dem centralen Nervensysteme. Als man späterhin der Nervenphysiologie eine größere Aufmerksamkeit zuwandte, schien vorzüglich eine Thatsache dafür zu sprechen, daß die Irritabilität nur eine secundäre Folgeerscheinung der Nervenreizbarkeit und keine primäre, eigenthümliche und inhärente Grundenergie der Muskulatur darstelle. Ist nämlich bei einem lebenden Thiere ein motorischer Nerv durchschnitten worden und stellt sich der Verlust nicht wieder her, so bewahren die entsprechenden Muskeln eine Zeit lang ihre Reizbarkeit. Sie vermindert sich aber allmälig und schwindet zuletzt gänzlich, so daß ein eingeleiteter galvanischer Strom keine Spur von Zuckungen hervorruft. Dieses Resultat erhält man in gleicher Weise bei Säugethieren wie bei Fröschen. Nur ist die Zeit, während welcher die Irritabilität auf Null herabsinkt, nach Verschiedenheit der Thiere verschieden. So z. B. hatte ein Kaninchen, dem ein Stück des Hüftnerven ausgeschnitten worden war, alle Reizbarkeit seiner Unterschenkelmuskeln schon nach 5 Wochen verloren. Mechanische oder galvanische Irritamente oder eine Auflösung von kaustischem Kali, welche auf das untere Nervenstück applicirt worden, blieben ohne Erfolg. Auch bei einem anderen Thiere der Art waren die Anregungen des Nerven sowohl als des Muskels durch mechanische Irritamente oder durch ein einfaches galvanisches Plattenpaar fruchtlos. Bei einem Hunde aber, welchem 10 Wochen vorher ein Stück des Hüftnerven entfernt worden war, regten mechanische oder galvanische Irritamente, welche das untere Nervenstück trafen, keine Convulsionen an. Bei unmittelbarer Reizung der Muskelsubstanz selbst dagegen traten leise Zuckungen hervor (Joh. Müller und Sticker) [1]). In anderen Experimenten der Art, welche ebenfalls an Hunden und Kaninchen angestellt worden, reagirten die Muskeln schon 62 Stunden nach der Operation nicht mehr, man mochte den Antlitznerven als den Erreger der Bewegungen der Gesichtsmuskeln, den Zungenfleisch-

---

[1]) Joh. Müller Handbuch der Physiologie. Bd. II. 1837. 8. S. 49. 50. Vergl. auch de functionibus nervorum. Bernae, 1839. 4. p. 122. 123.

nerven als den der Zunge oder den Hüftnerven als den der Muskulatur des Unterschenkels und des Fußes durchschnitten haben (Longet)[1]. Bei Fröschen, an denen ähnliche Versuche vielfach angestellt worden sind, verschwindet im Allgemeinen die Reizbarkeit der Unterschenkelmuskeln ungefähr 1 bis 1½ Monate nach der Durchschneidung des Hüftnerven oder kurze Zeit darauf. Ehe sie aber vollkommen zu Grunde geht, nimmt die Verkürzungsfähigkeit der Muskeln allmälig ab, so daß die Unterschiede in den letzten Tagen auffallender werden.

Dem Verluste der Reizbarkeit gehen organische Veränderungen der quergestreiften Muskelfasern parallel. Denn diese erleiden allmälig dieselben Metamorphosen, welche schon früher (§. 663) als die anatomischen Folgen anhaltender Lähmung oder Ruhe angeführt worden. Der ganze Muskel erblaßt nicht nur, sondern verliert auch an Umfang. Ja selbst die Knochen nehmen, wie es scheint, an diesen Verhältnissen einen wenn auch geringeren Antheil. Bei einem Kaninchen z. B, dem 7 Wochen vorher ein Stück aus dem Hüftnerven der einen Seite ausgeschnitten worden, wogen die Muskeln des gesunden Gliedes 327 Gran, die des kranken hingegen nur 170 Grn. Tibia und Fibula der nicht afficirten Extremität hatten ein Gewicht von 89 Grn., während das der entsprechenden Knochen der gelähmten Seite 81 Grn betrug (Reid)[2].

Die oben angeführten Versuche schienen zu beweisen, daß die Integrität der Muskelreizbarkeit an die der entsprechenden motorischen Nerven gebunden sei. Die Nervenphysiologie lehrt nämlich, daß ein durchschnittener und auf diese Weise von dem Centralnervensysteme getrennter bewegender Nerve nicht bloß sogleich für die Leitung von Nervenreizen von dem Centralnervensysteme nach der Peripherie untauglich wird, sondern allmälig die Nervenreizbarkeit seines peripherischen Stückes in centrifugaler Richtung verliert, daß also in dieser Beziehung das gleiche Gesetz im Leben wie nach dem Tode obwaltet (§. 648). Verschwindet nun aber auch mit der Irritabilität der motorischen Nervenfasern die Excitabilität der entsprechenden quergestreiften Muskelfasern, so wurde dann hieraus gefolgert, daß die letztere nicht für sich bestehe, sondern durch die erstere erzeugt werde.

Abgesehen von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieses Schlusses aber wurde bald darauf eine Thatsache veröffentlicht, welche der Deutung jener Versuche wenigstens zum Theil eine andere Wendung zu geben im Stande war. Reid[3]) durchschnitt bei vier Fröschen die Nerven der Hinterfüße unmittelbar an ihrem Austritte aus dem centralen Nervensysteme. Nun wurde die eine der beiden gelähmten Extremitäten täglich durch die Einführung eines galvanischen Stromes gereizt. Nach zwei Monaten hatte sich zwar die Irritabilität in beiden paralytischen Hinterfüßen erhalten.

---

[1]) Gazette médicale. Paris, 1841. Fol. Nr. 22. p. 347.

[2]) John Reid On the Relation between Muscular Contractility and the Nervous System. Edinburgh, 1841. 8. p. 9.

[3]) a. a. O. S. 9. 10.

Allein während die Muskeln der bewegten Extremitäten ihre Fülle und Festigkeit beibehielten, erschienen die der ruhig gebliebenen welk und atrophisch. Es ließ sich daher, wie es schien, annehmen, daß die nicht geübten Füße bei längerer Fortsetzung der Beobachtung ihre Irritabilität vollständig verloren haben würden und daß der Mangel an Aeußerungen der Lebensenergie eine wesentliche Ursache der organischen Veränderungen der Muskelfasern nach der Nervendurchschneidung darstelle. Nicht diese letztere, sondern ein dieselbe gewöhnlich begleitender Nebenumstand rufe das Verschwinden der Irritabilität hervor. Sie könne daher immerhin noch eine inhärente Eigenschaft der quergestreiften Muskelfasern bilden.

War aber auf diese Weise die Beweiskraft der Experimente für die Abhängigkeit der Muskelreizbarkeit von den motorischen Nerven in Frage gestellt, so glaubten sogar andere Forscher aus ihren Versuchen gerade das Gegentheil herleiten zu können. Haben wir nämlich bei Fröschen vor einiger Zeit den Hüftnerven durchschnitten, so tritt vor dem völligen Verschwinden aller Reizbarkeitsphänomene, wenn die gelähmten Schenkel nicht geübt werden, ein Stadium ein, in welchem ein an den Nervenstamm angebrachter schwacher galvanischer Strom keine Zuckungen bedingt. Sie bleiben aber, wenn die Elektroden an den Muskel selbst applicirt werden, keineswegs aus. Man schloß daher, daß auf diese Weise die Muskelirritabilität die Nervenreizbarkeit überlebe und unmöglich von der letzteren abhängen könne (Stannius, Longet)[1]. Bei näherer Betrachtung hingegen sieht man, daß jene Folgerung ebenfalls nicht sicher ist; denn wir wissen, daß die Nervenreizbarkeit nicht auf ein Mal, sondern allmälig und zwar in centrifugaler Richtung verschwindet. Es bleiben daher die feineren Aestchen und die Endverbreitungen der motorischen Fasern, welche in der Muskelsubstanz selbst verlaufen, längere Zeit als der Hauptstamm des Nerven, welcher dem Centralnervensysteme näher liegt, empfänglich. Da nun der durchtretende galvanische Strom die ganze Muskelmasse mit allen in ihr enthaltenen Theilen, d. h. also auch der feineren Nervenverbreitung afficirt, so muß vor dem völligen Aufhören aller Excitabilitätserscheinungen ein Zeitpunkt eintreten, in welchem nur die Durchleitung des galvanischen Stromes durch die Muskelsubstanz im Ganzen, nicht aber durch den Nervenstamm Convulsionen anregt.

Erlauben aber auf diese Weise die im Großen angestellten Versuche keine sichere Entscheidung der Frage über den ursprünglichen und primären Sitz der Irritabilität, so kann das Problem durch Berücksichtigung der unter dem Mikroskope zu machenden Beobachtungen wenn auch nicht definitiv gelöst, doch seiner endlichen Erledigung ziemlich nahe geführt werden. Auch auf diesem Gebiete lassen sich Thatsachen für und wider anführen. Jedoch sind diese glücklicher Weise nicht von gleichem Gewichte, so daß eine scharfe Kritik derselben die Unbestimmtheit der Folgerungen zu einem großen Theile wenigstens aufhebt.

---

[1]) Stannius in Froriep's neuen Notizen. 1841. 4. Nr. 418. S. 337—40.

Für die Abhängigkeit der Muskelreizbarkeit von den motorischen Nerven wurde die Beobachtung in Anspruch genommen, daß isolirte Muskelfasern, die also keine nachweisbaren Nervenprimitivfasern mehr enthalten, durch eingeleitete galvanische Ströme nicht mehr in Zuckungen versetzt werden können. Allein negative Erfahrungen sind nie im Stande, definitive Beweise zu liefern, weil immer noch die Möglichkeit eines positiven Erfolges übrig bleibt. Ueberdies werden solche durch andere Reize, z. B durch kaltes Wasser geliefert. In diesem nämlich krümmen sich bisweilen isolirte Muskelfasern bogen- oder sogar schlangenförmig, zeigen knieförmige Einknickungen, Einschnürungen mannichfacher Art in ihrem Sarcolemma und pendelartige Schwingungen. Glückte es noch, hier wurmförmig fortlaufende Zusammenziehungen hervorzurufen, so wäre fast mit Sicherheit bewiesen, daß äußere Reize, welche nur die Muskel- und nicht die Nervenfaser treffen, Contractionen bedingen. Da dieses jedoch bis jetzt noch nicht möglich geworden, so läßt sich nur annehmen, daß höchst wahrscheinlicher Weise das äußere Irritament, welches die Convulsionen quergestreifter Muskelfasern anregt, nicht erst auf den motorischen Nerven übertragen zu werden braucht, sondern die Muskelfaser direct afficiren könne. Das Agens, welches die Strömungen des Nervenfluidum in Bewegung setzen, würde dann eben nur als ein Aequivalent eines äußeren Reizes oder als solches und ein Unterstützungsmittel der Erhaltung der vollen Integrität der Reizbarkeit wirken.

Diese Ansicht, die Irritabilitätserscheinungen als eigenthümliche Energieen der quergestreiften Muskelfasern selbst zu betrachten, harmonirt auch mit den Phänomenen der übrigen contractilen Gebilde. Weder die Bewegungen der Flimmerhaare, noch die der Spermatozoen können in Nerveneinflüssen ihren ursprünglichen Grund haben. Ebenso gehorchen andere contractile Gewebe unseres Körpers, wie wir später sehen werden, weit eher localen Reizen, welche sie unmittelbar treffen, als solchen, welche ihre Nerven afficiren. Ist aber die Bewegungsfähigkeit allen diesen Elementen inhärent, so ergiebt sich, so lange es nicht durch Thatsachen definitiv belegt wird, kein besonderes Motiv, um für die quergestreiften Muskelfasern eine ausnahmsweise Abhängigkeit von dem Nervensysteme anzunehmen.

666 Das Blut muß, indem es das Ernährungsmaterial der quergestreiften Muskelfasern liefert, einen wesentlichen Einfluß auf die Energien derselben ausüben. Allein außerdem kann es ebenfalls Erscheinungen, welche leicht unrichtig gedeutet zu werden vermögen, verursachen. Schon bei chirurgischen Operationen, bei denen größere Arterienstämme unterbunden werden müssen, kommt es bisweilen vor, daß die entsprechenden Muskeltheile so lange dem Willen weniger gehorchen, als nicht der Collateralkreislauf wiederhergestellt worden. Unterbindet man z. B. bei einem Hunde die Bauchaorta, so schleppt das Thier schon eine Viertelstunde nach der Operation die Hinterfüße nach sich. Die Muskeln derselben folgen nicht mehr dem Willen auf eine entsprechende Weise (Stenson, Bi-

schat)[1]), Emmert). Wird die untere Hohlvene mit einer Ligatur umgeben, so stellt sich das gleiche Resultat ein (Segalas). Hatte ich die Iliaca communis dextra eines 5wöchentlichen Kaninchens dicht an ihrem Ursprunge aus der Aorta unterbunden, so schleppte das Thier häufig das rechte Bein nach, bewegte es jedoch auch bisweilen auf eben so vollkommene Weise wie das linke.

Aehnliche Versuche, welche an Fröschen gemacht worden, lieferten nicht ganz übereinstimmende Resultate. Unterband hier Engelhardt[2]) die Aorta, indem er von hinten her eindrang und ein Stück des Schwanzbeines entfernte, so zeigte sich unmittelbar darauf keine Störung der Thätigkeit der Hinterfüße. Nach 7 Stunden dagegen konnte das Thier nicht mehr hüpfen, sondern sich nur kriechend fortbewegen. Hierbei wurden jedoch die Schenkel an den Leib gezogen. Nach Unterbindung der Iliaca an der einen Seite verlor sich nach 6 Stunden die Fähigkeit, mit dem entsprechenden Fuße zu hüpfen. Wurde dann das Thier 80 Stunden nach der Operation getödtet, so hob der gesunde Schenkel, wenn seine Nerven galvanisch gereizt wurden, 50, der kranke hingegen nur 36 Drachmen. In dem letzteren verlor sich die Irritabilität früher als in dem ersteren. Bei den von mir in dieser Beziehung angestellten Versuchen blieben sich die Resultate nicht ganz gleich. Ein Frosch z. B., welchem nach Oeffnung der Bauchdecken die Aorta unterbunden worden, zeigte in den ersten 3—4 Stunden nach der Operation keine Abweichung in der Bewegung seiner Hinterfüße. Allein schon 5 Stunden nach der Verwundung sprang er nicht mehr, sondern kroch nur und schleppte die Beine nach oder zog sie bisweilen an. Wurde die Haut der hinteren Extremitäten gereizt, so reagirte das Thier darauf und bewegte Ober- und Unterschenkel, jedoch unvollkommener als im gesunden Zustande. Galvanische Irritamente bewirkten mäßig starke Contractionen. Bei einem anderen Frosche dagegen, dem ich von oben her nach Entfernung eines Stückes des Os coccygis die Aorta unterbunden und auf der linken Seite noch das Hüftgeflecht durchschnitten hatte, zeigte sich im rechten Schenkel selbst noch 26 Stunden nach der Operation eine solche Beweglichkeit, daß man sie kaum von dem gesunden Zustande unterscheiden konnte. Dieselbe Erfahrung machte ich bei zwei anderen Thieren, welche sogar nach 3—4 Tagen noch ihre Extremitäten bewegten. Jedenfalls tritt also bei diesen Geschöpfen die Lähmung der Muskeln nach dem Abschlusse des Blutes, wenn sie selbst erscheinen sollte, nur langsam und unvollkommen ein.

Dagegen leidet es keinen Zweifel, daß ein Froschmuskel, welcher im Leben eine Zeit lang kein Blut mehr zugeführt erhält, seine Reizbarkeit nach dem Tode früher verliert, als eine Extremität, deren Nerven durchschnitten worden. Ich trennte z. B. bei einem Frosche an der rechten Seite den Hüftnerven in der oberen Hälfte des Oberschenkels. An der

[1]) S. Bichat Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine. Nouvelle Edition. Tome III. Paris, 1812. 8. p. 279.

[2]) Ed. Engelhardt de vita musculorum observationes et experimenta. Bonnae, 1841. 8. p. 7. 8.

linken dagegen wurde an derselben Stelle die Hauptarterie unterbunden. Alsdann hob man den Hüftnerven heraus, führte unter der Haut um alle Theile des Femur eine Ligatur herum und schnürte dieselbe so fest als möglich zu. Das Thier befand sich bis zu seinem Tode, welcher am 11ten Tage nach der Operation erfolgte, immer in Quellwasser. Schon mehrere Tage vor seinem Lebensende zeigte es einen auffallenden Durchmesserunterschied seiner beiden Unterschenkel und Füße. Der Diameter des Mitteltheiles des Unterschenkels der rechten Seite, an welcher der Hüftnerve durchschnitten worden, betrug 6½ Millimeter, der derselben Stelle des linken Unterschenkels hingegen 8½ Millimeter. Dieser größere Umfang des seiner Blutzufuhr beraubten Fußes rührte vorzüglich davon her, daß sich zwischen der äußeren Haut und den Muskeln eine bedeutende Menge einer wässerigen Flüssigkeit angesammelt hatte. Allein auch die Muskulatur selbst war voluminöser als die des nervös gelähmten Schenkels. Jene erschien auffallend roth und zeigte eine Menge größerer und kleinerer Gefäße, welche mit stockendem Blute angefüllt waren. Diese dagegen stellten sich sehr blaß dar. Beide Hinterfüße behielten ihre Reizbarkeit mindestens 4—5 Stunden nach dem Tode. Allein auf denselben galvanischen Strom reagirten die Muskeln des nervös gelähmten Schenkels fast durchgehends stärker, als die derjenigen Hinterextremität, welche von dem allgemeinen Kreislaufe abgeschnitten war. Die Muskeln des letzteren schienen sich auch etwas langsamer zusammenzuziehen. Zuletzt verlor der unterbundene Schenkel seine Reizbarkeit gänzlich, während der mit durchschnittenem Hüftnerven noch deutliche Folgen der Irritabilität darbot.

Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigten die Muskelfasern des Gastrocnemius des nervös gelähmten Fußes keine deutlich nachweisbaren Eigenthümlichkeiten. Dasselbe war auch bei vielen Fasern des Wadenmuskels der anderen Seite der Fall. Sie boten sogar häufig die oben §. 623 beschriebenen Umschlagsränder ihrer Durchschnittsstellen dar und hatten fast durchgehends deutliche Querstreifen. Allein bei sehr vielen von ihnen traten die Längenfasern auffallend hervor. An einzelnen waren sie so schlaff, daß sie vollkommen wellig gebogenen Zellgewebefasern glichen. Einige Muskelfasern endlich lieferten eine Anschauung, die ich sonst bis jetzt noch nicht wahrzunehmen Gelegenheit hatte. Ihre Längsfäden nämlich waren bündelweise sehr regelmäßig knieförmig gekrümmt, so daß innerhalb einer einzigen Muskelfaser genau dasselbe Bild entstand, welches sonst Gruppen knieartig verkürzter Muskelfasern gewähren und das oben §. 620 in Fig. 13 gezeichnet worden ist. Zu gleicher Zeit isolirten sich hier die einzelnen Muskelfasern bei der Trennung mittelst Nadelspitzen weit leichter, als bei gesunden oder nervös paralytischen Muskeln gleicher Art. Offenbar war die größere Wasserdurchtränkung die Ursache dieser Eigenthümlichkeiten. Die genannten mikroskopischen Beobachtungen geben uns aber den Beweis, daß die ersten organischen Macerationsveränderungen der ihrer Blutzufuhr beraubten Muskelsubstanz schon zu einer Zeit eintraten, in welcher die nervös gelähmten Muskeln noch keine irgend nachweisbare Spur derselben darboten.

Auf indirecte Weise beweist auch ein von Engelhardt[1]) angestellter Versuch, daß die Irritabilität unter dem ungestörten Zuflusse des Blutes länger anhalte. Bei einem Frosche, bei welchem nach Entfernung eines Stückes des Schwanzbeines die rechte Arteria iliaca unterbunden worden, wurden die Hinterfüße ½ Stunde lang anhaltend galvanisch gereizt. Im Anfange erschienen die gleichen Zuckungen in beiden Extremitäten. Allein schon 10 Minuten nach dem ersten Einführen des Galvanismus erlahmte der rechte Schenkel. Seine Reizbarkeit nahm allmälig dergestalt ab, daß er am Ende der halben Stunde nur leise Zuckungen darbot. Die Differenz erhielt sich auch nach der Enthauptung.

Diese Thatsachen erklären, weshalb eine auffallende Muskelschwäche 667
in Folge tief greifender Ernährungskrankheiten eintritt. Blausüchtige, bei welchen Lungen- und Körperkreislauf nicht scharf von einander geschieden sind, bei denen also schon in den Arterien eine Mischung von hochrothem und dunkelrothem Blute kreist, bieten immer eine geringe Energie ihrer Muskeln dar. Dasselbe gilt von solchen Individuen, deren Blutmasse durchgreifendere Zersetzungsstörungen erfährt, wie z. B. von skorbutischen Personen, solchen, die an Petechien, Faulfiebern u. dgl. leiden, oder von Menschen, deren Blut zu wässerig ist oder bei denen wassersüchtige Ausschwitzungen in die interstitiellen Gewebe der Körperorgane Statt gefunden. Kaninchen, Schaafe und andere Thiere, welchen man bedeutendere Wassermengen in das Blut gespritzt, verlieren dadurch an Kraft ihrer Muskeln.

Die Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode hängt zunächst 668
ebenfalls mit den Ernährungszuständen auf das innigste zusammen. War ein Glied eines Frosches von dem Kreislaufe vollständig abgeschlossen oder wurden auch nur seine Arterien vollkommen unterbunden, so verschwindet die Reizbarkeit früher, als in gesunden Extremitäten. Dagegen erhält sie sich länger, wenn nur der venöse Abfluß des Blutes durch eine Ligatur gehindert worden, der arterielle Zutritt dagegen offen geblieben ist. Engelhardt[2]) unterband bei drei Fröschen die Schenkelvene der einen Seite. Im Anfange zogen die Muskeln, deren Blutverhältnisse ungestört waren, ein größeres Gewicht als die, bei welchen dieselben Bedingungen nicht Statt fanden. Allein später kehrte sich das Verhältniß um und diejenige Muskulatur, deren Venen verschlossen waren, bewahrten ihre Irritabilät länger, als die gesunden. Wahrscheinlich rührt dieses davon her, daß bei der Fortdauer des Druckes des Arterienblutes die Wandungen der Capillaren durch den Verschluß der Venen eine größere Pression auszuhalten hatten, daß daher mehr Ernährungsflüssigkeit ausschwitzte und diese die Irritabilität länger erhielt.

Bei erwachsenen Thieren, welche durch Lungen athmen, scheint die 669
Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode mit der Intensität des Respirationsprocesses in umgekehrtem Verhältnisse zu stehen. Die Vögel, welche am meisten athmen, verlieren auch ihre Irritabilität sehr bald nach dem Ab-

---

[1]) a. a. O. p. 37. [2]) a. a. O. p. 38. 39.

sterben. Umgekehrt verharrt diese bei Reptilien, deren Respiration sehr herabgesetzt ist, lange Zeit nach der Enthauptung. Bei decapitirten Schildkröten dauert sie 8 Tage und mehr. Bei Fröschen erhält sie sich zwar kürzere Zeit, allein immer noch bedeutend länger, als bei Vögeln und Säugethieren. Jene eignen sich daher auch in hohem Grade zu physiologischen Versuchen, welche die Verhältnisse der Muskelenergien erläutern sollen. Ob diese Differenzen auch bei dem Menschen nach Verschiedenheit seines Respirationsprocesses wiederkehren, bedarf noch definitiver Untersuchungen. Ebenso bleibt zu erforschen, ob die Verschiedenheit, welche einzelne Säugethiere in dieser Hinsicht darbieten, von jener Norm bestimmt werde. Katzen z. B. verlieren oft ihre Reizbarkeit sehr bald, während sie Pferde noch Stunden lang bewahren und Hunde wenigstens kein so schnelles Aufhören ihrer Irritabilität, wie andere Fleischfresser darzubieten vermögen.

670 Junge Säugethiere bleiben längere Zeit nach dem Tode irritabel, als ältere. Dieses wird nicht durch die eben erwähnte Norm der Respiration hervorgerufen. Denn zarte Geschöpfe frühern Alters athmen zwar absolut weniger, relativ hingegen stärker, als erwachsene. Möglicher Weise kann es davon herrühren, daß größere Mengen von Ernährungsflüssigkeit ausgeschieden werden. Die Annahme dagegen, daß jene bedeutendere Fähigkeit der Energien dadurch bedingt werde, daß noch die Muskelfasern blasser sind und an die wenig gefärbten Fasern der Frösche erinnern, hat mehrere Thatsachen gegen sich. Denn einerseits bewahren die rothen Muskeln der Schildkröten ihre Reizbarkeit äußerst lange und anderseits verschwindet diese bei einzelnen Fischen, die freilich in sehr kalten Medien leben, früher, als sich nach einem solchen Theorem erwarten ließe. Offenbar existiren in dieser Beziehung feinere Nüancenunterschiede der innern Zusammensetzung der Muskelfasern, welche die Chemie bis jetzt noch nicht nachgewiesen hat. Ob umgekehrt die Consolidation der Muskelfasern Erwachsener mit der Dauer der Reizbarkeit in entgegengesetzter Proportion stehe, läßt sich noch nicht bestimmen.

671 Abgesehen von diesen Unterschieden, welche die Thierart und das Alter hervorrufen, kommen noch zum Theil die Verhältnisse, unter welchen sich die quergestreiften Muskelfasern im Leben befanden, in Betracht. Manche Muskeln nämlich bewegen sich nur dann, wenn gewisse zu unbestimmten Zeiten eintretende äußere oder innere Veranlassungen ihre Thätigkeit anregen, während sie ohne eine solche Vorbedingung ruhen. Andere hingegen bieten in kurzen periodischen Zeiträumen von selbst wiederkehrende Zusammenziehungen dar. In die erstere Kategorie gehört die Muskulatur des Kopfes, des Rumpfes und der Extremitäten, in die letztere die des Herzens, des Zwerchfelles u. dgl. Der anhaltenden Uebung, welche bei der zweiten Klasse Statt findet, entspricht keineswegs immer genau eine größere Intensität der Energie, mit welcher die Reizbarkeit nach dem Tode zurückgehalten wird. Denn im Allgemeinen überlebt zwar die Irritabilität einzelner Theile des Herzens die der andern Muskeln. Allein nach seinen zahlreichen an 11 Hingerichteten angestellten Beobachtungen,

welche sich in gleicher Weise bei Säugethieren bestätigten, glaubte Nysten[1]) eine Skale annehmen zu können, nach welcher in aufsteigender Reihenfolge die linke Herzkammer, der rechte Ventrikel (bei dem gesunden Menschen 1 Stunde nach der Enthauptung), die Speiseröhre (1½ Stunde), die Rumpf- und die Extremitätenmuskeln, der linke und endlich der rechte Vorhof ihre Thätigkeit verlieren. Der letztere kann sie dann bis 16½ Stunden nach dem Tode behaupten. Andere Phänomene aber zeigen, daß die Energien des Herzens und zum Theil des Zwerchfelles Eigenthümlichkeiten darbieten, welche sehr charakteristisch erscheinen und eine große Tenacität der Reizbarkeit beurkunden.

Zuvörderst können wir häufig an dem Herzen der Säugethiere oder anderer Geschöpfe die Erfahrung machen, daß mechanische und galvanische Einflüsse keine Reactionen mehr hervorrufen, daß dagegen einige Zeit nach der vergeblichen Anwendung des Reizes Zusammenziehungen auftreten, welche sich von selbst periodisch wiederholen. Ebenso setzt nicht selten das Herz einige Zeit nach dem Tode seine Pulsationen aus und beginnt sie später scheinbar ohne äußere Veranlassung, oft aber in Folge von Lufteintritt in seine Höhlen von Neuem.

Merkwürdiger noch ist eine andere Reihe von Erscheinungen, welche man unter dem Mikroskope wahrnimmt. An feinen Schnitten, welche der Muskulatur des Herzens oder des Zwerchfelles entnommen worden, beobachtet man bisweilen von selbst erfolgende und von Zeit zu Zeit wiederkehrende Zusammenziehungen isolirter Bündel quergestreifter Muskelfasern, ohne daß irgend ein deutlicher Reiz auf sie eingewirkt hatte. Denn das Phänomen tritt eben so gut ohne Befeuchtung mit Wasser, als unter einer nicht wesentlich reizenden Flüssigkeit auf. Desgleichen scheint nicht der mechanische Druck, welchen ein aufgelegtes Glasplättchen verursacht, die veranlassende Ursache desselben zu bilden. Ob aber der vermöge der Trennung der Muskelfasern verursachte Reiz die erste Anregung giebt oder nicht, steht dahin. Bei Hunden beobachtete ich die Thatsache 3—4 Stunden nach dem Tode, nachdem das Herz im Ganzen schon längst still gestanden und für Zuckungen im Großen unempfindlich geworden. Bei verschiedenen Säugethieren und Vögeln verfolgte sogar Remak[2]) die Erscheinung im Herzen bis 48, in dem Zwerchfell von Kaninchen bis 24 Stunden nach der Tödtung. In den Beobachtungen des letzteren Forschers hatte Zerstörung des centralen Nervensystemes oder Durchschneidung des Zwerchfellnerven auf diese molecularen Zuckungen des Diaphragma keinen nachweisbaren Einfluß.

Alle äußern Einwirkungen, welche die Reizbarkeit im Leben herabsetzen, 672
vermindern auch im Allgemeinen die Dauer derselben nach dem Tode. Jedoch müssen Versuche, welche man in dieser Beziehung anstellt, mit der größten Vorsicht ausgeführt werden. Denn eine Menge nicht genau

[1]) P. H. Nysten Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques. Paris, 1817. 8. p. 321.
[2]) Müller's Archiv, 1843. S. 183 u. 186.

zu berechnender Nebenmomente, wie die Einwirkungen des Alters und des frühern Gesundheitszustandes der Thiere, der Temperatur, der Atmosphäre u. dgl. können die Irritabilität erhalten oder herabsetzen, ohne daß dieser Erfolg dem in Frage gestellten Agens zukommt. Nur ganz auffallende und beständige Resultate dürfen daher hier als bedeutungsvoll angesehen werden.

Schon die Atmosphäre wirkt der Fortdauer der Irritabilität entgegen. Muskeln, welche der Luft ausgesetzt waren, verlieren eher ihre Reaction, als solche, welche von benachbarten Weichgebilden bedeckt bleiben. Die verschiedenen Athmungshindernisse zeigen in dieser Beziehung, wenn sie den Tod verursachen, verschiedene Eigenschaften. Bei Thieren, welche durch Chlor, Wasserstoff, Kohlenwasserstoff oder schweflige Säure erstickt worden, läßt sich keine Abweichung von den gewöhnlichen Verhältnissen wahrnehmen. Dasselbe gilt von solchen Geschöpfen, welche im luftverdünnten Raume, durch Eintauchen in Quecksilber oder durch Strangulation ihr Leben verloren haben (Hallé). Jedoch schien die Reizbarkeit des Herzens bei anderen Versuchen, in denen die Thiere durch den Strang oder durch das Athmen in nicht erneuerter Luft oder in Stickstoff getödtet waren, im Anfange geschwächt zu sein. Wurden die Blutgefäße bei dem Oeffnen der Leichen geschont, so daß keine Luft in das Herz eindrang, so verlor sich bisweilen die Irritabilität von diesem früher, als die der Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten (Nysten)[1]. Erstickung durch Kohlensäure ändert die Excitabilität nur momentan, während sie durch solche von Kohlendunst, Ammoniak und vorzüglich durch Schwefelwasserstoff in auffallendem Maaße und bleibend herabgesetzt wird (Hallé). Nach der Vergiftung durch die zuletzt genannten Gasarten verschwand sie am Herzen schon innerhalb einer Stunde, dauerte aber am Rumpfe und an den Extremitätenmuskeln länger fort (Nysten)[2].

673 Alle bald zu nennenden Gase regen im Anfange, wenn sie in die Herzhöhlen eingespritzt werden, eine momentane Zusammenziehung der Wände des Organes an. Für die Folgezeit aber bedingt nur der Sauerstoff positive Wirkungen. Atmosphärische Luft, Wasserstoff, Kohlensäure und vor Allem Schwefelwasserstoff dagegen lähmen die Irritabilität, während der Stickstoff ein indifferentes Verhalten darbietet (Nysten)[3].

674 Das Wasser verkürzt im Allgemeinen die Dauer der Reizbarkeit. Wir haben aber schon früher (§. 631) gesehen, daß dieses vorzüglich durch die niedere Temperatur, welche es in der Regel besitzt, erfolgt. Lauwarmes Wasser dagegen verlängert die Excitabilität von Froschschenkeln auf eine, bisweilen wenigstens, sehr auffallende Art. Uebrigens äußert selbst kaltes Wasser auf verschiedene Säugethiere nicht immer dieselben Wirkungen. Wird dasselbe in bedeutender Menge durch die äußere Drosselvene von Kaninchen, Schafen oder Katzen eingespritzt, so lähmt es nicht selten die Reizbarkeit des Herzens in so bedeutendem Maaße, daß die Thiere wäh-

[1] Nysten a. a. O. p. 366. [2] a. a. O. p. 365.
[3] a. a. O. p. 339—42.

rend der Operation sterben und ihre Muskeln kaum wenige Minuten nach dem Tode reizbar bleiben. Bei Hunden dagegen greift das Wasser auf keine so energische Weise ein. Daß Stoffe, welche die Substanz des Nerven und des Muskels oder des letzteren allein chemisch verändern, sobald sie nach dem Absterben des Thieres einwirken, die Reizbarkeit verkürzen, versteht sich von selbst.

Mancherlei Verhältnisse der letzten Lebenszeit werden ebenfalls für die 675
Irritabilitätserscheinungen nach dem Tode von Bedeutung. Frösche, welche sich in wärmern Temperaturen Monate lang aufgehalten haben und gut genährt worden sind, zeichnen sich häufig nach der Enthauptung durch eine bedeutende Intensität ihrer Reizbarkeit aus. Muskeln dagegen, welche im Leben wenig geübt oder umgekehrt kurz vor dem Tode überspannt worden, bieten eher das Gegentheil dar, obgleich in beiderlei Beziehungen Ausnahmen existiren können. Es gelten hier, wie man leicht sieht, dieselben Gesetze des Gleichgewichts und der Sammlung, welche schon früher (§. 139) für den lebenden Organismus dargestellt worden.

Einzelne narcotische Gifte verändern die Statik der Excitabilität im 676
Leben und vorzüglich nach dem Tode auf eine wesentliche Weise. Vor Allem gehören hierher das Strychnin und das Opium. Beide erzeugen eine solche Reizempfänglichkeit, daß die geringsten äußeren Veranlassungen sehr heftige Convulsionen verursachen. Da aber diese Erscheinungen durch eine Störung der Nervenverhältnisse hervorgerufen werden, so gehört deren nähere Erörterung in die Nervenphysiologie. Andere Gifte hingegen, wie z. B. das Viperngift (Fontana)[1]) vernichten die Reizbarkeit sehr schnell.

Schon bei kachektischen, wassersüchtigen und laxen Säugethieren können wir häufig wahrnehmen, daß die Irritabilität nur sehr kurze Zeit nach dem Tode anhält. Die vorzüglich von Nysten[2]) an dem Menschen angestellten Beobachtungen führten zu dem gleichen Resultate. Dieser Forscher legte einzelne Muskelparthien kurze Zeit nach dem Lebensende durch Hautschnitte bloß und galvanisirte dieselben nach bestimmten Intervallen. Auch hier zeigte sich, daß die Excitabilität nach allen Krankheiten, welche mit bedeutender Abzehrung und vorzüglich mit wassersüchtigen Ergüssen verbunden sind, nur kürzere Zeit anhält. Jedoch dauert sie immer mindestens 1 Stunde nach dem Tode fort und verliert sich im Allgemeinen viel früher in den geraden und schiefen Bauchmuskeln, als in dem großen Brustmuskel, und in diesem eher, als in der übrigen Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten. Die Gesichtsmuskeln dagegen bieten in dieser Hinsicht die bedeutendsten, unter keine bestimmte Regel zu bringenden Varietäten dar. Bei Apoplektischen ziehen sich häufig die gelähmten Glieder eben so stark als bei Gesunden zusammen.

Jener schädliche Einfluß wassersüchtiger Affectionen ist rein local.

---

[1]) Felix Fontana Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. Uebersetzt von E. B. G. Hebenstreit. Leipzig, 1785. 8. S. 191.

[2]) a. a. O. S. 368—83.

Beschränkt sich z. B. der Austritt der Flüssigkeit nur auf das Unterhautzellgewebe, so können die darunter liegenden Muskeln ihre Excitabilität sehr lange nach dem Tode bewahren. Sind bloß die unteren Extremitäten ödematös, so bleiben ihre Contractilitätserscheinungen früher als die der oberen aus.

So deutlich aber diese schädlichen Folgen verminderter Ernährungszustände hervortreten, so wenig lassen sich immer die begünstigenden Momente guter Nutritionsverhältnisse nachweisen. In sehr kräftigen Muskeln verschwindet bisweilen die Reizbarkeit früher, als sich theoretisch erwarten ließe. Uebrigens versteht es sich von selbst, daß die äußern Momente der Temperatur und andere Nebenbedingungen bei allen solchen Erfahrungen in Anschlag gebracht werden müssen.

Man sieht leicht, daß eine und dieselbe Krankheit eine sehr verschiedene Zeitdauer der Irritabilität verursachen könne. Bei Herzkrankheiten, Schwindsuchten u. dgl. z. B. wird es davon abhängen, ob wassersüchtige Ergüsse als Nebenerscheinungen existiren, ob das Leben durch Erschöpfung oder in Folge einer dazwischen tretenden entzündlichen Krankheit aufhörte u. dgl., oder nicht.

Nysten prüfte, um zu den angeführten Resultaten zu gelangen, ungefähr 40 Leichen. Suchen wir aber seine Zeitangaben, so weit sie vorliegen, übersichtlich darzustellen, so erhalten wir folgende Tabelle:

Krankheit.	Zeitdauer der Reizbarkeit nach dem Tode in Stunden.	Nebenzustände und Bemerkungen.
Ascites und Anasarca . . .	1½—4	Infiltration vieler Muskeln.
Peritonitis chronica	2¾	Bedeutende Abmagerung.
Chronische Leberentzündung	2¾	Wassersucht und vollkommene Erschöpfung.
Desgl.	mehr als 6	Entzündliche Complication.
Lungenschwindsucht	3—6	Gänzliche Erschöpfung.
Desgl.	15	Pleuresie.
Acute Brustwassersucht nebst convulsivem Asthma . .	10	Der sehr kräftige Mann war unerwartet gestorben.
Herzaneurysma	3—5½	Mäßige Abmagerung nebst wassersüchtiger Infiltration der Muskeln. Bei einem Individuum blieben die nicht infiltrirten Gesichtsmuskeln 9 Stunden nach dem Tode reizbar.
Desgl.	10	Bedeutende Abzehrung ohne Infiltration.
Desgl.	27	Oedem der unteren Extremitäten ohne Infiltration der Muskeln.
Schlagfluß	6—6½	
Darmblutung	9	Der sehr kräftige Mann war plötzlich gestorben.
Adynamische und atarische Fieber	10—15	Keine bedeutende Auszehrung.
Peripneumonie	13—15	

677 Inwiefern die letzten Lebensverhältnisse oder andere Momente auf die Dauer der Zusammenziehungen des Herzens einwirken, bedarf noch genaue=

rer Untersuchungen. Nach Erichson[1]) soll der Mangel des Zutrittes des Blutes ein früheres Verschwinden derselben bedingen. Unterbindet man nämlich bei eben getödteten Hunden oder Kaninchen die sämmtlichen Gefäße der Muskelsubstanz des Herzens oder auch nur die Kranzarterien desselben, so erhält sich der Herzschlag durch die später eingeleitete künstliche Athmung kürzere Zeit, als wenn jene Operation unterblieben ist. Es bleibt jedoch immer schwierig bei solchen Beobachtungen, wo kein zweites Organ zur Parallele zu Gebote steht, zu ganz sichern Resultaten zu gelangen.

Außer diesen Reizbarkeitserscheinungen der quergestreiften Muskel- 678 fasern, welche in der Regel nur eine momentane Dauer der Zusammenziehung zur Folge haben, finden wir bei den meisten Leichen noch ein anderes Phänomen, welches auf einer anhaltenden Contraction jener Gebilde beruht. Die Muskeln werden steif und bewirken, daß die correspondirenden passiven Bewegungswerkzeuge eine mehr oder minder fixe Stellung oder Lage annehmen. Dieser Vorgang bildet die sogenannte Todtenstarre, Rigor mortis. Wir sehen nämlich bei Menschen, wie bei Thieren, vorzüglich aber den warmblütigen Geschöpfen, daß ihre Glieder unmittelbar nach dem Tode weich und biegsam sind und jede beliebige Position, welche man ihnen giebt, annehmen und bewahren. Einige Zeit darauf dagegen ist dieses nicht mehr der Fall. Die Theile sind indeß steif geworden und die Muskeln fühlen sich dabei härter an. Dieser Zustand kann bisweilen eine solche Höhe erreichen, daß es ohne Zerreißung einzelner Weichgebilde nicht möglich wird, manche Parthien in eine andere Lage als die, welche ihnen durch die Todtenstarre angewiesen worden, zu versetzen. Haben die Verhältnisse eine Zeit lang gedauert, so wird wiederum Alles weicher und nachgiebiger. Es kehrt dieselbe Passivität, wie sie unmittelbar nach dem Tode Statt gefunden, von Neuem zurück.

Die Erscheinungen der Todtenstarre haben, sofern sie an dem unver- 679 sehrten Leichname in die Augen fallen, ihren alleinigen Sitz in den mit quergestreiften Fasern versehenen Muskeln des Körpers. Dieses lehrt schon die unmittelbare Beobachtung im Allgemeinen. Allein insbesondere ergiebt es sich aus einem von Nysten[2]) angestellten Versuche. Er präparirte nämlich bei einer Leiche, welche einen starken Rigor darbot, einen Theil der Haut des Armes und des Schenkels ohne Verletzung der darunter befindlichen Muskeln los. Es erfolgte keine Veränderung der Lage der Theile. Die Steifheit blieb auch noch dieselbe, nachdem die Seitenbänder des Ellenbogen- oder Kniegelenkes entfernt, die Synovialkapseln derselben Gelenke geöffnet und Wasser in diese eingespritzt worden war. Nach Quertheilung der entsprechenden Muskeln dagegen schwand sie auf der Stelle.

Den Eintritt der Todtenstarre begleiten leise und unmerkliche Bewe- 680 gungen der entsprechenden Organe. Hat sie dagegen ihre größte Höhe er-

---

[1]) Froriep's neue Notizen, 1842. 4. Nr. 520. S. 213—15.
[2]) a. a. O. S. 398 99.

reicht, so fallen einzelne Lagenveränderungen, welche ganze Parthien des Körpers angenommen, sogleich in die Augen. Der Unterkiefer z. B., der unmittelbar nach dem Tode oder während der Agonie herabgesunken war, ist gegen den Oberkiefer hinaufgezogen. Der Vorderarm bietet eine mäßige Flexion gegen den Oberarm dar. Die Finger werden gebeugt, der Daumen gegen die Handfläche hinübergeführt, so daß er mit seinem Nagel der Wurzel des letzten Fingers nahe liegt und von den übrigen eingezogenen Fingern zum Theil bedeckt wird, u. dgl. mehr. Diese bedeutenderen Lageveränderungen können darin ihren Grund haben, daß eine Muskelparthie, z. B. die Aufzieher des Oberkiefers, die Beuger des Vorderarms, die der Finger, der Anzieher des Daumens mehr Muskelfasern, als ihre Antagonisten besitzen und daher bei Gleichheit des Contractionsgrades in ihnen und ihren Gegenfüßlern das Uebergewicht erlangen. Denn daß eine ungleiche Intensität der Todtenstarre in einzelnen Muskeln die Erscheinung hervorrufe, dürfte nur wenig Wahrscheinlichkeit für sich haben. Ist der Rigor vollständig ausgebildet, so zeigen sich alle Muskeln ohne Unterschied verkürzt und starr. Der Zustand umfaßt nicht etwa eine einzelne Muskelgruppe, während deren Antagonisten erschlafft erscheinen.

681 Die Todtenstarre beginnt immer am Halse und dem Unterkiefer. Sommer[1]) fand hiervon in 200 Leichen nur eine einzige Ausnahme. Von da geht sie in der Regel nach abwärts fort, ergreift die Muskeln des Rumpfes und der obern und alsdann die der untern Extremitäten (Nysten). Bisweilen jedoch werden auch die letzteren vor den ersteren steif. In gleicher Ordnung hört später das Phänomen wiederum auf. Man bemerkt sie an einzelnen Leichen schon 10 Minuten, bei anderen 7 Stunden (Sommer) oder selbst erst 18 Stunden nach dem Tode (Nysten). Im Allgemeinen gilt aber das Gesetz, daß das Anhalten des Rigor mit der Zeitgröße des Eintritts desselben in umgekehrtem Verhältnisse steht, d. h. daß ein Muskel um so länger starr bleibt, je später er steif geworden. Diesem entsprechend erscheint er auch früher und dauert kürzer bei Neugebornen, als bei Erwachsenen. Bei Kindern, welche noch nicht geathmet haben, soll er schwächer ausfallen und bei siebenmonatlichen Embryonen gänzlich fehlen (Mende)[2]). Dagegen findet sich auch ausnahmsweise, wie z. B. nach Strychninvergiftungen, daß der Rigor früh eintritt und nichtsdestoweniger lange Zeit anhält (Brücke)[3]).

682 Inwiefern äußere Einflüsse die Todtenstarre modificiren, ist bis jetzt noch nicht genügend erforscht worden. Das Erkalten der Leiche mag zwar auch auf diese Erscheinung einwirken. Allein sie findet sich schon ein, bevor noch das Cadaver seine höhere Temperatur gänzlich verloren hat. In Wasser von 0° bis 15° soll sie intensiver als in der gleich niedrig

---

[1]) A. G. Sommer dissertatio de signis mortem hominis absolutam indicantibus. Pars II. Hauniae, 1833. 8. Müller's Physiologie. Bd. II. 1837. 8. S. 43.

[2]) C. F. Burdach die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. III. Zweite Auflage. 1838. 8. S. 684.

[3]) Müller's Archiv, 1842. S. 187. 88.

temperirten Atmosphäre zu Stande kommen (Sommer). Ein durch einen elektrischen Schlag getödteter Hund bot sie ebenfalls dar (Sommer). Bei Menschen dagegen, welche durch den Blitz getroffen worden, fehlt sie angeblicher Weise größtentheils.

Je kräftiger die Muskeln sind, um so intensiver ist auch der Rigor 683
und um so länger hält er an. Dieses zeigt sich am deutlichsten bei Menschen und Thieren, welche auf gewaltsame Weise, z. B. durch Enthauptung, Erhenken, Ertränken, nicht direct schädliche, aber irrespirable Gase, Verblutung u. dgl. getödtet worden sind. Bei athletischen Männern z. B., welche an Hämorrhagieen zu Grunde gegangen, begann die Todtenstarre 16 bis 18 Stunden nach dem Tode, erlangte eine solche Intensität, daß sie durch das kräftige Drücken eines Mannes nicht überwunden werden konnte, erhielt sich 36 bis 48 Stunden auf dieser Höhe, nahm dann allmälig ab und verschwand erst 6 bis 7 Tage nach dem Tode gänzlich. Bei laxen Personen hingegen, welche ebenfalls an Verblutung gestorben waren, zeigte sie eine geringere Intensität und dauerte bei weitem nicht so lange (Nysten) [1].

Ein bedeutender Grad von Contraction der Muskeln in den letzten 684
Lebensstunden hebt den Eintritt des Rigor mortis nicht auf. Bei einem an traumatischem Starrkrampfe verstorbenen kräftigen Manne entwickelte er sich auf intensive Weise und verharrte mehrere Tage (Nysten und Laënnec). In einem andern Falle von Tetanus setzte sich der tetanische Krampf der Kiefermuskeln unmittelbar in die Todtenstarre fort (Sommer). Es fand mithin, wie man dieses bisweilen für Fälle der Art annahm, kein Mittelstadium der Erschlaffung Statt. Einspritzung von Luft in die Venen, Erstickung durch Wasser und Vergiftung durch Narcotica heben die Todtenstarre nicht auf (Nysten. Sommer). Nach der Tödtung durch Chlor, salpetrige Säure oder Ammoniak schien sie früher einzutreten und weniger lange zu dauern (Nysten). Nach Erstickung durch Kohlendunst hat es deshalb, weil eine Art von Scheintod dem wahren Tode vorangeht, das Ansehen, als trete der Rigor erst später ein (Sommer). Gelähmte Muskeln, welche noch keine bedeutende Organisationsveränderungen erlitten, verfallen gleich häufig wie gesunde in den Rigor mortis. Ebenso hebt die Zerstörung oder Entfernung des centralen Nervensystemes das Erscheinen desselben nicht auf. Diesem entsprechend kommt er auch nach adynamischen und ataxischen Fiebern, Gehirndesorganisationen und dgl. zu Stande.

Klarer hingegen geben sich die Wirkungen der Ueberspannung im Le- 685
ben oder die Folgen von Momenten, welche die Ernährung der quergestreiften Muskelfasern afficiren, zu erkennen. Thiere, welche zu Tode gehetzt worden, verfallen bald in Todtenstarre, ohne daß diese sehr stark wird oder lange anhält. Aehnliche Erscheinungen treten nach allen Krankheiten, welche mit Marasmus endigen, nach Kacherien, Wassersuchten u. dgl. hervor. Hier erscheint sie schon 1 bis 2 Stunden nach dem Tode und

[1]) Nysten a. a. O. S. 387.

hält nur wenige Stunden an. Daß hier dieselben localen Einflüsse, wie in Betreff der Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode Statt finden, lehren die wassersüchtigen Ergießungen. Erstreckt sich diese nur auf das Unterhautzellgewebe, so kann eine energische Todtenstarre 36 bis 48 Stunden dauern. Sind dagegen zugleich die Muskeln infiltirt, so zeigt sich auch die oben erwähnte geringe Intensität derselben (Nysten)[1].

Der in Rigor befindliche Muskel der Säugethiere besitzt eine größere absolute Festigkeit, als wenn er frisch und vollkommen erschlafft ist. Wenn er z. B. unmittelbar nach dem Tode ausgeschnitten, durch eine Last von zwei Unzen durchrissen wurde, so bedurfte es bei dem gleichnamigen Muskel der andern Seite, sobald sich dieser im Rigor befand, eines Gewichtes von zwei Pfund, um denselben Erfolg zu erzielen (Busch)[2]. Die Muskelfasern zeigen ihre Querstreifen sehr deutlich und besitzen außerdem noch einzelne Furchen oder Einschnitte, welche jedoch nicht constant vorkommen. Bei dem Frosche bildeten sie noch an den Durchschnittsstellen die oben (§. 623) erwähnten Umstülpungen. Einzelne von ihnen zeigten die in §. 620 beschriebenen Zickzackbiegungen der Muskelfäden.

686 Die Ursachen der Todtenstarre sind theils in vitalen, theils in physikalischen Verhältnissen gesucht worden. In jener Beziehung glaubte man, daß die letzte Aeußerung der Contractilität den Rigor bilde (Nysten). Allein eine solche Ansicht zwänge zu der ganz exceptionellen Voraussetzung, daß die Zusammenziehungskraft der Muskeln, welche für äußere Reize, selbst momentan, nicht mehr existirt, eine große und anhaltende Energie, wie wir bei der Todtenstarre wahrnehmen, entwickeln sollte. Aus diesem Grunde könnten wir uns eher befriedigen, wenn hinreichende physikalische Momente zur Erklärung dieser Erscheinung aufgefunden würden. Daß das in den Capillaren des Muskels befindliche Blut, die in den Lymphgefäßen enthaltene Lymphe durch ihre Gerinnung die Todtenstarre nicht bedinge, ist leicht einzusehen. Denn einerseits könnte dadurch unmöglich ein solcher Contractionsgrad erreicht werden und anderseits tritt der Rigor vor der Coagulation des Blutes und selbst ohne daß diese zu Stande kommt, ein. Ansprechender erscheint daher die Ansicht (von Bruecke)[3], welche die Ursache desselben in der Gerinnung der Fibrine der Muskelfasern selbst sucht. Wir wissen, daß der Faserstoff des Blutes zuerst in festerer Gestalt ausgeschieden wird, später dagegen von Neuem Flüssigkeit absondert und daß hiermit die durchgreifendere Fäulniß beginnt. Nun werden die Muskeln von Ernährungsflüssigkeit durchtränkt und erhalten Fibrine, die sie ohnedies schon besitzen, zugeführt. Die Coagulation dieses Faserstoffes ruft die äußere Erscheinung der Todtenstarre, welche noch von keiner Fäulniß begleitet wird, hervor. Mit der spätern Verflüssigung der Fibrine hört der Rigor wiederum auf, während die wahre Sepsis beginnt. Gegen diese Ansicht streitet nur, daß auch andere Faser-

---

[1] Nysten a. a. O. S. 390.
[2] Burdach a. a. O. S. 683.
[3] Müller's Archiv, 1843. S. 178—188.

stoffhaltige Gewebe, wie z. B. das Zellgewebe, die Lederhaut, die Schleimhäute, keine so auffallende Todtenstarre darbieten. Man müßte daher annehmen, daß die Fibrine in diesen Gebilden in keiner so coagulablen Form enthalten ist — eine Hypothese, die ihre Richtigkeit wohl haben kann, welche aber bis jetzt noch nicht chemisch constatirt ist. Ebenso wäre zu untersuchen, ob gelähmte Muskeln, welche schon Ernährungsveränderungen und keine Todtenstarre zeigen, eine andere Modification der Fibrine oder Nebenkörper, welche die Gerinnung derselben verhindern, enthalten.

Zusammenziehung der einfachen Muskelfasern. — Diese 687
Gebilde bieten ebenfalls, wie wir an dem Darmkanal sehen, sehr bedeutende Contractionserscheinungen dar. Allein sowohl ihre Verkürzungsweise, als die Art, wie sie äußere Reize beantworten, ist von der der Elemente der rothen Muskeln verschieden. Ursprüngliche Structur und secundäre Anordnungsweise greifen hierbei wesentlich in einander, so daß wir, um zu klaren Begriffen zu gelangen, beide Momente so sehr als möglich von einander unterscheiden müssen.

Vergleichen wir zunächst die Zusammenziehung eines mit quergestreif- 688
ten Fasern versehenen Muskels mit der des Darmes, so tritt eine auffallende Differenz hervor. Der zweibäuchige Armmuskel z. B. contrahirt sich nach äußern oder innern Reizen augenblicklich und erschlafft bald darauf oder verharrt eine Zeit lang in jenem verkürzten Zustande. Schreitet auch vielleicht der Eintritt seiner Zusammenziehung der Länge seiner quergestreiften Fasern nach successiv fort, so ist dieses doch bald vollendet. Binnen äußerst kurzer Zeit verhält er sich als Ganzes. Alle seine Fasern bleiben ihrer Länge nach contrahirt oder gehen sogleich wieder in Erschlaffung über. Eine unmittelbare Uebertragung seiner Verhältnisse auf benachbarte Muskeln findet nicht Statt. An dem Darmrohre dagegen treten andere Erscheinungen ein. Die Zusammenziehung beginnt an einem gereizten Punkte, bleibt aber nicht beschränkt, sondern pflanzt sich auf eine benachbarte Stelle, von dieser auf eine angrenzende u. s. w. fort. Die Bewegung wird so auch einer größern Reihe von entferntern Punkten mitgetheilt und verwandelt sich auf diese Art, wie man sich ausdrückt, in eine wurmförmige oder peristaltische. Spätere Stellen gehen hierbei erst dann in das Stadium ihrer Contraction über, wenn die früheren schon längst erschlafft sind oder selbst schon mehrere Male ihre Verkürzung von Neuem begonnen haben. Eine solche allmälige und sympathische Affection successiver Theile, wie sie am Darme sogleich in die Augen fällt, kommt bei keinem Muskel unserer Extremitäten als irgend häufige Erscheinung, viel weniger als charakteristisches Merkmal zu Stande.

Man würde aber sehr irren, wenn man aus den eben erwähnten Thatsachen schließen wollte, daß die Peristaltik der angeregten Bewegungen die Zusammenziehungen der einfachen Muskelfasern immer begleite. Schon an dem Darme selbst zeigen sich häufige Ausnahmen. Drücken wir z. B. eine Stelle des Dünndarmes mit der Pincette zusammen, so schnürt sich nicht selten die afficirte Parthie allein ringförmig ein oder erzeugt selbst nur eine bogenförmige Furche, welche eine Zeit lang bleibt

und sich später allmälig ausgleicht. Ebenso können wir häufig wahrnehmen, daß sich der Darm eine Strecke weit verengert und in der Verkleinerung seines Lumen verharrt, ohne daß benachbarte Stücke des Darmrohrs die geringste Veränderung darbieten. Noch öfterer machen wir Erfahrungen der Art an dem Magen der Säugethiere. Denn hier bilden örtliche Einschnürungen, welche auf der längeren Achse des Organes mehr oder minder senkrecht stehen, oder allmälige Verengerungen ganzer Strecken die Regel, peristaltische Bewegungen dagegen die selteneren Fälle. An der Harnblase endlich finden wir gar keine ächte wurmartige Zusammenziehung. Das Organ verengert sich nach und nach, rascher oder langsamer in allen seinen Dimensionen oder verkleinert nur seinen Längen- oder seinen Querdurchmesser auf eine vorherrschende Weise. Der Zurückzieher des männlichen Gliedes des Pferdes endlich, welcher ebenfalls aus einfachen Fasern besteht, bietet wahrscheinlich nie eine peristaltische Bewegung dar.

Während nun aber diese manchen Theilen, welche organische Muskelfasern besitzen, mangelt oder wenigstens in der Regel nicht zukommt, sehen wir sie anderseits sogar bei einzelnen quergestreiften Fasern, welche röhrige Organe umschließen, eintreten. Bei dem Rinde z. B. und dem Kaninchen, wo sich zusammengesetzte Muskelfasern längs der ganzen Speiseröhre bis zur Cardia des Magens erstrecken, ruft häufig ein Reiz, welcher die Schleimhaut des Schlundes trifft, eine längs des ganzen Oesophagus hinabgehende wurmförmige Bewegung hervor. Diese Thatsachen deuten klar darauf hin, daß die Peristaltik keine ursprüngliche und charakteristische Eigenthümlichkeit der Energien der einfachen Muskelfasern bildet. Bei genauerer Beobachtung zeigt sich auch, daß sie nur die secundäre Folge der Anordnungsweise der contractilen Elemente darstellt. An der Speiseröhre wie am Darme haben wir sogenannte Zirkel- und Längenfasern, welche um den röhrigen Theil schraubenförmig herumgehen. Ziehen sie sich nun ihrer ganzen Ausdehnung nach nicht auf einmal, sondern successiv zusammen, so muß die Contraction als eine peristaltische erscheinen. Schon diese anatomische Anordnung kann aber die Fortpflanzung der Wirkungen des Reizes über den Angriffspunkt des Irritaments bedingen. Allein dasselbe Resultat muß noch dadurch befördert werden, daß die verschieden gerichteten Fasern einander nahe liegen und daß daher die Energie der Einen sehr leicht die Thätigkeit der Andern hervorruft.

689 Betrachten wir die übrigen Aehnlichkeiten und Unterschiede, welche zwischen den einfachen und den quergestreiften Muskelfasern in physiologischer Hinsicht Statt finden, so zeigt sich, daß die Differenzen mehr die Modalität als die Grundnormen der Energieen betreffen. Die aus einfachen Muskelfasern bestehenden Gebilde gehorchen zwar ebenfalls dem Befehle motorischer Nerven, welche sich in ihnen verbreiten. Nach Reizung des herumschweifenden Nerven z. B. zieht sich der Magen, nach der des Ganglium coeliacum der Dünndarm, nach der des Bauchtheiles des sympathischen Nerven die untere Parthie des Nahrungscanales, die Harnblase, die Gebärmutter, die Tuben u. dgl. zusammen. Irritamente, welche die Muskelsubstanz selbst treffen, rufen in gleicher Weise Contractionen her-

vor. Werden einfache Muskelfasern, welche noch ein bedeutendes Quantum von Reizbarkeit besitzen, durchschnitten, so zeigen sie ebenfalls einen hohen Grad von Verkürzung. Die Ränder der Schnittwunde weichen aus einander. Fragmente der Muskelhaut krümmen sich bogenförmig. Ja bei einem ganz getrennten Darmstücke z. B. können die Fasern mit solcher Energie einwirken, daß die Schleimhaut in der Umgebung des Schnittrandes nach außen umgestülpt wird. Ebenso verharrt auch hier die Reizbarkeit noch eine Zeit lang nach dem Tode, und die später eintretende Todtenstarre beschließt nicht minder die Reihe der Bewegungen, welche durch einfache Muskelfasern zu Stande kommen können. Allein die einzelnen Erscheinungen, welche diese Verhältnisse begleiten, weichen zum Theil, wie wir bald sehen werden, von den analogen Phänomenen der quergestreiften Fasern ab. Es entstehen hierdurch gewissermaßen nicht sowohl Gattungs- als Artunterschiede.

Das Studium der mikroskopischen Veränderungen der einfachen Mus- 690
kelfasern im Augenblicke ihrer Zusammenziehung bietet sehr viele Schwierigkeiten dar, weil hinreichend durchsichtige Präparate nur selten auf mechanische oder galvanische Reize reagiren und eine von selbst eintretende Contraction dieser Elemente wenigstens bis jetzt noch nicht beobachtet worden ist. Den höchsten Grad der Verkürzung bilden auch hier Wellen oder Zickzackbiegungen der Fasern. Am deutlichsten kann man dieses z. B. an dem Magen des Frosches wahrnehmen. Trennt man den Bauchfellüberzug und die Muskelhaut dieses Organes los, schneidet kleine Stücke des letzteren ab und wählt dann diejenigen, welche bogenförmig gekrümmt sind, zur mikroskopischen Untersuchung, so sieht man, daß die Fasern Wellenbiegungen, wie sie Fig. 28 zeigt, bilden. Diese laufen oft stellenweise einander parallel, erscheinen dagegen auch nicht selten in benachbarten Elementen ungleich. Häufig sind nur einzelne Fasern zackig gebogen, während die übrigen, die den größten Theil ausmachen, gerade dahin streichen und ihre frühere Steifigkeit behaupten. Ebenso kann eine und dieselbe Faser in einer Strecke ihres Verlaufes verkürzt, in einer andern gerade sein. Sehen wir aber von diesen Begleitern der Längenverminderung ab, so zeigte sich bis jetzt keine Erscheinung, welche die Verkürzung dieser Fasern constant begleitete. Einzelne haben bisweilen quere Einschnitte, andere vollkommene Einbiegungen. Allein eine vollständige Bildung von Querstreifen, die z. B. an den Muskelfasern der Medusen, der Echinodermen im Augenblicke der Contraction unter den Augen des Beobachters entstehen, konnte hier bis jetzt noch nicht nachgewiesen werden. Jedoch vermag sich gerade in dieser Hinsicht ein Irrthum leicht einzuschleichen. Auf manchen Schnitten nämlich, vorzüglich solchen, welche die oberflächlichsten Lagen der Muskulatur des Magens oder Darmes z. B. des Frosches betreffen, glaubt man nicht selten unter mäßig starken Vergrößerungen Querstreifen wahrzunehmen. Wendet man aber

Fig. 28.



stärkere Linsen an, so zeigt sich bei genauer Einstellung des Focus, daß jene Querlinien durch Zellgewebefasern entstehen und daß die einfachen glatten Muskelfasern erst unter diesen liegen.

691 Reizen wir die zu den organischen Muskelfasern verlaufenden Nerven, so ziehen sich jene zwar zusammen; es verfließt jedoch wenigstens in vielen Fällen ein merkliches Zeitintervall, bevor diese Contraction eintritt. Aehnliche Erfahrungen machen wir auch bisweilen, wenn die Irritamente die Muskelsubstanz selbst treffen. Diese reagirt häufig nicht so geschwind, als die der quergestreiften Muskelfasern, hält aber dafür die Wirkung des Reizes mit größerer Zähigkeit fest, bleibt längere Zeit verkürzt und pflanzt ihre Bewegung auf benachbarte Gegenden fort. Ja es zeigt sich manches Mal die eigenthümliche Erscheinung, daß eine Stelle, welche für den unmittelbaren mechanischen Reiz nicht mehr empfänglich war, später durch stärkere ähnliche Irritamente entfernter Punkte sympathisch mit afficirt wird. Dieses sehen wir z. B. an dem Magen des Frosches sehr deutlich. Wenn er auch, indem wir ihn mit den Pincettenspitzen drücken, gar nicht oder nur schwach reagirt, so wird er doch bisweilen, unmittelbar nachdem wir ihn ausgeschnitten haben, nicht nur im Ganzen enger, sondern es bilden sich auch seiner Länge nach an einzelnen entfernten Stellen tiefe ringartige Einschnürungen, von denen sich gerade manche an den früher geprüften Stellen befinden.

Im Allgemeinen wirkt ein und derselbe Reiz sicherer und stärker, wenn er die einfachen Muskelfasern, als deren motorische Nerven afficirt.

692 Treffen mechanische Irritamente die Muskelsubstanz selbst, so werden sie in der Regel von den einfachen Muskelfasern häufiger und intensiver, als von den zusammengesetzten beantwortet. Derselbe Grad von Druck, welcher z. B. auf einen Extremitätenmuskel eines kurz vorher getödteten Pferdes nicht mehr einwirkt, ruft noch eine sehr lebhafte Peristaltik der dünnen Gedärme hervor. Bei Fröschen dagegen, wo überhaupt die Zusammenziehungen des Darmschlauches träger, aber dafür vielleicht intensiver erfolgen, zeigen sich meist in dem gleichen Falle eine minder lebhafte Peristaltik oder örtliche Verengerungen und Einschnürungen.

693 Die Einwirkung der Atmosphäre hat in dieser Beziehung sehr variable Effecte zur Folge. Legen wir einen rothen Muskel bloß, so verhält er sich entweder ganz ruhig oder bietet nur leise wellige Zuckungen einzelner Muskelfaserbündel dar. Oeffnen wir dagegen die Bauchhöhle eines kurz vorher getödteten Säugethieres, so bewirkt häufig das Eindringen der Luft einen sehr großen Sturm peristaltischer Bewegungen, welche in den dünnen Gedärmen hervortreten. Eine getroffene Parthie derselben zieht sich lebhaft zusammen und pflanzt ihre Contraction von Stelle zu Stelle fort. Zugleich reibt sie hierbei oft eine entferntere, aber zufällig neben ihr liegende Abtheilung des Dünndarmes und regt diese zu der gleichen Energie an, oder es wird ein zweiter Theil des Schlauches durch denselben Reiz in Affection gesetzt. Das System der dicken Gedärme schweigt dann entweder gänzlich oder schnürt sich local zusammen

oder wird auch zu einzelnen und meist geringeren wurmförmigen Bewegungen hingerissen. Der Magen bildet in der Regel, wenn er reagirt, bloße locale Einschnürungen oder allmälige und bleibende Verengerungen. Die Harnblase zieht sich häufig, vorzüglich wenn sie gefüllt ist, von selbst zusammen und entleert ihren Urin. Die Tuben bleiben gewöhnlich ruhig, contrahiren sich aber bisweilen ebenfalls. Der Zurückzieher des männlichen Gliedes des Pferdes erleidet unter den gleichen Verhältnissen, so viel ich wenigstens bis jetzt sah, keine in die Augen fallenden Veränderungen. Die Muskulatur der Speiseröhre und des Schlundes zeigt höchstens, so weit sie mit quergestreiften Fasern versehen ist, wellige Zuckungen.

Zeichnet sich aber der Dünndarm des eben getödteten Thieres durch seine sehr große Reizempfänglichkeit aus, so verhält er sich im Leben keineswegs auf die gleiche Weise. Wie schon Fontana[1]) wahrgenommen hat und leicht zu bestätigen ist (§. 181), bleibt eine Schlinge desselben, wenn sie bei einem lebenden Säugethiere zur Bauchhöhle herausgezogen worden, entweder ganz ruhig oder zeigt nur geringere wurmförmige Bewegungen oder örtliche Einschnürungen oder Verengerungen. Dieselbe Erfahrung kann man an dem Menschen bei Bruchoperationen mit Verletzung des Bruchsackes machen. Wir werden in der Nervenphysiologie sehen, daß die Reizbarkeit unmittelbar nach dem Tode gleichsam entfesselt wird und häufig stärker oder wenigstens empfindlicher als im Leben erscheint. Die eben erwähnten Eigenthümlichkeiten des Dünndarmes gehören in dieselbe Kategorie.

Inwiefern die Verschiedenheit der Temperatur auf die Reizbarkeit 694
der einfachen Muskelfasern einwirke, ist bis jetzt noch nicht hinreichend untersucht worden. An dem Darme der Frösche konnte ich nur sehr schwache Zuckungen vermittelst einer Bunsen'schen Zink-Kohlenkette hervorrufen, wenn derselbe in Wasser von 47° 5 C. verweilt hatte.

Daß galvanische Ströme die einfachen Muskelfasern afficiren, läßt 695
sich leicht nachweisen. Schwieriger jedoch bleibt die Entscheidung der Frage, ob sie für diese Art von Irritamenten empfänglicher seien, als die quergestreiften Fasern, oder nicht. Bisweilen hat es den Anschein, als reagire der Darm auf galvanische Strömungen träger, wie die rothe Muskulatur. Häufig dagegen verhalten sich beiderlei Arten von contractilen Gebilden in dieser Beziehung ungefähr gleich.

Ist die Excitabilität nicht sehr groß, so bleiben oft chemische Reize, 696
welche die Mittelhaut des Darmcanales treffen, unbeantwortet. Nicht selten können wir bei frisch getödteten Pferden z. B. die Erfahrung machen, daß Darmstücke, welche durch mechanische Irritamente sogleich zu lebhaften peristaltigen Bewegungen angeregt werden, die leise Berührung mit verdünnter Essigsäure oder Salpetersäure oder einer schwachen Auflösung von kaustischem Kali nicht erwiedern. Dieses Resultat kann schon zu

---

[1]) F. Fontana Beobachtungen und Versuche über die Natur der thierischen Körper. 1785. 8. S. 49.

einer Zeit auftreten, in welcher die quergestreiften Fasern gegen Körper der Art mit ziemlicher Lebhaftigkeit reagiren.

697 Den vitalen durch die Nerven angeregten Impulsen gehorchen zwar die aus einfachen Fasern bestehenden Muskelmassen; allein sie sind von dem Einflusse unseres Willens ohne Ausnahme befreit. Ihre Energien erfolgen, ohne daß unser Selbstbewußtsein davon benachrichtigt wird. Sollen sie sich in Folge des Befehles unseres Willens zusammenziehen, so geschieht dieses wahrscheinlich nur dadurch, daß wir auf benachbarte quergestreifte Muskelfasern einwirken und erst durch Vermittlung von diesen die einfachen Fasern in Wirksamkeit treten. Auf diese Weise gehen den Zusammenziehungen der einfachen Muskelfasern der Blase bei dem Uriniren Veränderungen des quergestreiften Constrictor isthmi urethrae, denen des Mastdarmes bei der Stuhlentleerung solche des Sphincter ani externus voraus. Wir werden aber in der Nervenphysiologie sehen, daß diese Emancipation der einfachen Muskelfasern von den unmittelbaren Einflüssen unseres Willens vermuthlicher Weise nicht sowohl durch ursprüngliche Eigenschaften der genannten contractilen Elemente, als durch die Nerven, welche zu ihnen verlaufen, bedingt wird.

698 Bei manchen Säugethierexemplaren dauert die Reizempfänglichkeit der Muskulatur des Nahrungscanales länger, als die der Rumpf- und Extremitätenmuskeln. Bei anderen dagegen finden wir bisweilen, daß beiderlei contractile Gebilde zu gleicher Zeit nach dem Tode absterben, oder sogar, daß einzelne Reize, welche von der Mittelhaut des Darmes nicht mehr beantwortet werden, wenigstens leisere Zuckungen der Extremitätenmuskeln hervorrufen. Die letztern bleiben auch häufig bei Fröschen länger reizbar, als die contractilen Elemente des Magens und des Darmes. Bei dem Menschen dagegen würde der Dickdarm wenigstens nach den Erfahrungen von Nysten [1]) schon 45 bis 55 Minuten nach der Enthauptung, der Dünndarm einige Minuten später und der Magen kurze Zeit nach dem letzteren seine Reizbarkeit verlieren. Die Harnblase bewahrt sie meistentheils mehr als eine Stunde nach dem Tode, hört jedoch auch bisweilen eben so früh als der Magen auf, irritabel zu sein. Man sieht hieraus, daß nach diesen Beobachtungen die einfachen Muskelfasern unseres Körpers früher als die quergestreiften absterben müßten. Selbstständige, von Zeit zu Zeit sich wiederholende Zusammenziehungen, wie sie oben §. 671 von den Fasern des Herzens und des Zwerchfelles beschrieben worden, konnte man hier bis jetzt noch nicht wahrnehmen.

Obgleich diese Erscheinungen dergestalt wechseln, daß es unmöglich wird, für alle Fälle gültige Angaben zu liefern, so lassen sich doch nach ausgedehnteren Untersuchungsreihen Skalen entwerfen, welche wenigstens relativ annähernde Werthe für die Majorität der Fälle geben. In dieser Beziehung scheint die von Phoebus und Wilgenroth [2]) gelieferte Tabelle, welche sich auf enthauptete Säugethiere (Kaninchen, Hunde

[1]) Nysten Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques. 1817. 8. p. 321.

[2]) M. R. Wilgenroth Pericula nonnulla in animalibus violenter necatis facta. Berolini, 1833. 8. p. 30. 32. 33.

und Katzen) bezieht, alles Vertrauen zu verdienen. Hiernach ergab sich nämlich für die Mittelwerthe der quergestreiften und einfachen Muskelfasern folgende Reihe:

Theil.	Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode in Minuten.
Linke Herzkammer	16
Dickdarm	25
Muskeln des Kopftheiles des Halses, welche durch die Enthauptung durchschnitten worden	26
Linker Vorhof des Herzens	30
Antlitznerve allein	35
Dünndarm	35 bis 40
Antlitznerve nebst seinen entsprechenden Muskeln	40
Rechte Herzkammer	40
Speiseröhre	44
Muskeln des Rumpftheiles des Halses, welche durch die Enthauptung getrennt worden	45 bis 50
Kaumuskeln	46
Zwerchfell	51
Gesichtsmuskeln	53
Rumpfmuskeln	60 bis 70
Muskeln der Hinterbeine	70
Muskeln der Vorderfüße	80 bis 90
Rechte Herzkammer	85 bis 90.

Die Harnblase zeigte sehr unbeständige Werthe. Während auf sie manche Versuche mit galvanischen Reizen erfolglos blieben, zog sie sich in gleichem Falle bei einer Katze 34 und bei einem Hunde 49 Minuten nach dem Tode schwach zusammen.

In Betreff der verschiedenartigen Wirkungen differenter Reize auf einzelne Theile des Nahrungsschlauches zeigten sich folgende Resultate:

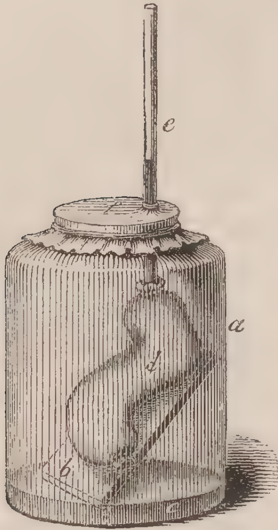
Theil.	Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode in Minuten. Nach Einwirkung		
	der bloßen Atmosphäre.	mechanischer Affection.	des Galvanismus.
Magen	—	15 bis 16	—
Dickdarm	15	20	25
Dünndarm	25	30	35 bis 40

Hiernach dauert die Empfänglichkeit für den galvanischen Reiz länger, als die für mechanische Einwirkung, und für die letztere länger, als für die der Atmosphäre. Von der Richtigkeit dieser Verhältnisse kann man sich wenigstens bei vielen eben getödteten Säugethieren leicht überzeugen.

Daß auch die einfachen Muskelfasern Erscheinungen der Todtenstarre darbieten, läßt sich schon theoretisch annehmen. Indirect könnte man auch vielleicht den Eintritt des Rigor dadurch erschließen, daß bisweilen Urin und Excremente ohne äußere Veranlassung von Leichen all- 699

mälig abgehen und Früchte noch nach dem Tode der Mutter ausgestoßen werden. Ebenso fühlen sich nicht selten die Därme von Hunden und Katzen einige Stunden nach dem Lebensende härter an. Man sieht aber leicht, daß diese Thatsachen noch nicht als definitive Beweise für die Existenz des Rigor angesehen werden können. Um ihn daher bestimmter aufzusuchen, kann man sich folgender Methode bedienen. In einem Gefäße a befindet sich eine schief stehende Unterlage b, welche eine hinreichende Fläche darbietet, um ein größeres Darmstück aufzunehmen. Auf dem Boden von a dagegen ist Wasser c aufgeschichtet. Nun wird ein Darmstück d eines eben getödteten Thieres mit lauwarmem Wasser sorgfältig ausgewaschen, an einem Ende durch eine Ligatur fest verschlossen und an dem andern mit einer langen Glasröhre e verbunden. Man gießt hierauf so lange laues Wasser ein, bis der Darm strotzend gefüllt ist und eine Quantität der Flüssigkeit in der Röhre e fix bleibt. Das Darmstück d kommt dann auf seinem Pflock b, während die Glasröhre e durch einen doppelten Deckel f des Gefäßes a so hindurchgeführt wird, daß sie fest und senkrecht steht. Ist dieses geschehen, so wird f mit feuchter Blase vollständig verschlossen. Wegen der Flüssigkeit c befindet sich dann d in einem mit Wasserdünsten gesättigten Raume und wird vor dem Vertrocknen und der Verdunstung des eingeschlossenen Wassers geschützt. Tritt aber später Rigor mortis ein, so muß die Flüssigkeit in e steigen und sich so lange auf dieser Höhe erhalten, als die Todtenstarre anhält. Man wird finden, daß dieses auch erfolgt und daß daher die Muskelhaut des Darmes ähnliche Erscheinungen wie die aus quergestreiften Fasern bestehenden Muskeln darbietet.

Fig. 29.



Ein Nebenumstand, welcher den Ausschlag des Fluidum in der Röhre e vermindert, besteht darin, daß von Zeit zu Zeit Wassertropfen durch die Haut des Darmes hindurchdringen und nach c herunterfallen. Nichts desto weniger erhielt ich an dem des Pferdes sehr augenfällige Resultate. Das Dünndarmstück war ¼—½ Stunde nach dem Tode des Thieres eingesetzt worden und hatte sich, während es Gerber vorbereitete, ziemlich stark zusammengezogen. Die Flüssigkeitssäule in e sank fortwährend bis 7 Stunden nach dem Tode, so daß die Erschlaffung immer zunahm. Dann blieb sie fix. Am anderen Morgen dagegen, ungefähr 24 Stunden nach dem Tode, war sie um 7½ Millimeter in die Höhe gestiegen. Erst nach 5—6 Stunden fiel sie wieder bedeutender. Ihr Niveau war nach 7 Stunden 3,25 Millimeter über dem fixen Punkte des vorigen Tages. Von nun an aber ging es sehr rasch hinab und blieb immer, so lange die Beobachtung dauerte, bis ungefähr 120 Stunden nach dem Tode tief unter der unveränderlichen Stellung, welche sie 7 Stunden nach dem Tode angenommen hatte. Der mittlere Durchmesser der gebrauchten Glasröhre betrug 4 Millimeter, folglich ihr Querschnitt 12,566 Quadratmillimeter. Glich nun das Maximum ihrer Steigungshöhe 7,5 Millimeter, so entspricht dieses 0,0942 Cubikcentimeter räumlichen Inhaltes. Das Volumen der Häute des angewandten Dünndarmstückes war 61,21 Cubikcentimeter. Nehmen wir an, daß die Hälfte derselben = 30,60 Cub. Cent. auf die Muskelhaut kam, so haben wir für die durch Wassersäule angegebene Verengerung zur Zeit der Todtenstarre $\frac{0,0942}{30,60}$ = 0,003078 oder ungefähr $^1/_{325}$. Jedoch bildet dieses nur einen sehr kleinen aliquoten

Theil der wahren Verkürzung, weil einerseits die durch die Wassersäule hindurchgepreßten Wassertropfen von Zeit zu Zeit in reichlicher Menge nach dem Boden des Gefäßes abfließen und sich anderseits unzweifelhaft ein mit Wasser strotzend gefüllter Darm unter den ungünstigsten Verhältnissen für die Entwicklung seiner Todtenstarre befindet.

Bewegungen muskulöser und anderer contractiler Fasern. — Die Elemente der Mittelhaut der größern Drüsenausführungsgänge, die der Iris des Auges und einzelner anderer später anzuführender zerstreuter Gebilde unseres Körpers nähern sich anatomisch und vorzüglich physiologisch den einfachen Muskelfasern in hohem Grade. Eigenthümlicher dagegen erscheinen ihren Thätigkeitsäußerungen nach die contractilen Gewebe der Blut- und Lymphgefäße. In der äußern Haut und manchen Arten von Theilen, welche aus Fadencylindern zusammengesetzt werden, existiren noch deutliche lebendige Zusammenziehungserscheinungen, während diejenige Verkürzung, welche wir an anderen Elementen von ähnlicher anatomischer Beschaffenheit wahrnehmen, ebenso gut die Folge der Elasticität, als eigenthümlicher Kräfte sein können. 700

Schon bei den einfachen Muskelfasern traten drei Eigenschaften in höherem Maaße als bei den quergestreiften hervor. 1) Ihre Energie wurde zwar ebenso gut durch Anregung ihrer Nerven, als ihrer eigenen Substanz geweckt. Allein die Empfänglichkeit erschien in dem letztern Falle bedeutend größer als in dem erstern. Halten wir uns zunächst nur an diejenigen Versuche, welche an eben getödteten Thieren angestellt worden, und nicht an die Erscheinungen während des Lebens, so kann man den Satz aufstellen, daß das genannte Gesetz eine um so ausgedehntere Anwendung findet, je weiter wir in der Reihe der contractilen Gebilde hinabgehen. 2) Bei den einfachen Muskelfasern verfließt häufig zwischen der Reizung ihrer motorischen Nerven und dem Auftreten der Zusammenziehung selbst ein merkliches Zeitinterstitium. Auch dieses wird oft um so größer, je weiter wir uns in der Skale der contractilen Elemente von jenen ersteren Gebilden entfernen. 3) Endlich haben wir gesehen, daß Theile, welche einfache Muskelfasern enthalten, nicht selten längere Zeit in ihrem zusammengezogenen Zustande verharren. Diese Eigenthümlichkeit gewinnt bei denjenigen contractilen Elementen, welche keiner peristaltischen Bewegung mehr fähig sind, das Uebergewicht und charakterisirt daher auch ihre Zusammenziehungen auf eine hervortretende Weise. Die nähere Betrachtung der Eigenschaften der einzelnen hierher gehörenden Gewebe wird uns die Richtigkeit dieser Grundnormen specieller belegen. 701

Die Hauptausführungsgänge der Drüsen zeigen bei Reizversuchen, welche nach dem Tode angestellt werden, sehr lebhafte Bewegungen, die nicht selten einen auffallenden peristaltischen Charakter annehmen. Die ausgezeichnetsten Erscheinungen der Art bieten der Samen- und der Harnleiter dar. Nach Reizung des untersten Lenden- und des obern Sacraltheiles des Sympathicus geräth nicht selten das Vas deferens von Kaninchen oder Meerschweinchen in einen solchen Sturm der Peristaltik, daß die Wirkung den Contractilitätserscheinungen des Dünndarmes an Intensität und Schnelligkeit gleichkommt. An dem Ureter beobachtet man 702

oft dieselben Erscheinungen; nur haben sie in der Regel wegen der relativ dünnern Mittelhaut eine geringere Energie. Aehnliche Resultate erhalten wir in manchen Fällen nach Reizung einzelner in der Nervenphysiologie anzuführender Theile des centralen Nervensystems. Der Gallenausführungsgang contrahirt sich seltener nach Reizung der ihm vorstehenden Nerven oder der entsprechenden Theile des Gehirns [1]), häufig dagegen nach Irritamenten, welche seine Muskelhaut treffen. Seine Bewegung kann entweder in einer allgemeinen allmäligen Verengerung oder in einer von der Gallenblase nach dem Zwölffingerdarme dahingehenden Peristaltik bestehen. Auch an dem Stenonschen Gange der Ohrspeicheldrüse lassen sich analoge Beobachtungen anstellen.

703 Die größern Behälter, wie die Samenblasen und die Gallenblase, zeigten wenigstens nach den bisherigen Untersuchungen ein verschiedenes Verhalten. Bei Meerschweinchen zogen sich die Samenbläschen nach Reizung der untern Lenden- und des obern Sacraltheiles des sympathischen Nerven so bedeutend zusammen, daß ihr Inhalt bald darauf zur Spitze der Harnröhre theilweise hervortrat. Die Bewegungen waren vollkommen peristaltisch und gingen von dem blinden Ende derselben nach abwärts. An der Gallenblase dagegen gelang es wenigstens bis jetzt noch nicht, auf irgend eine Weise wurmförmige Contractionen hervorzurufen. Selbst die meisten örtlichen Reize, welche man auf dieses Organ, sei es im Leben (bei Kaninchen) oder nach dem Tode anwandte, blieben unbeantwortet. Wenigstens traten keine sogleich in die Augen fallende Wirkungen hervor. Ob aber ein geringer Grad allmäliger und bleibender Verengerungen zu Stande komme, bleibt in den meisten Fällen problematisch.

704 Wir können nicht annehmen, daß sich diese Contractilitätserscheinungen einzig und allein auf die Hauptausführungsgänge der Drüsen beschränken, weil auch die Wandungen der untergeordneteren größern Drüsencanäle wesentlich denselben Bau wie jene darbieten. Allein directe Erfahrungen fehlen in dieser Beziehung noch gänzlich. An mikroskopischen Präparaten frischer Drüsensubstanz beobachtet man keine rasch eintretende Verengerung, viel weniger eine peristaltische Bewegung. Bedenken wir aber, daß die einfachen Muskelfasern der Mittellage der Wandung nicht plötzlich aufhören, sondern allmälig um so zarter werden, je mehr wir uns den Endbläschen der Drüsen nähern, daß aber selbst in diesen noch relativ starke Mittelhäute existiren, so läßt sich mit Recht annehmen, daß ein gewisser Grad von Contractilität allen Drüsengängen von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende zukommt. Diese erzeugt jedoch nur um so eher eine bloß einfache augenblickliche oder anhaltende Verengerung, je einfacher die Structur der Mittelhaut erscheint, d. h. je weiter wir nach den Endbläschen vordringen. Daß die Erscheinungen der Absonderung solche Vorstellungen unterstützen, ist zum Theil schon bei dieser (§. 456) angeführt worden und wird sich in der Nervenphysiologie noch deutlicher ergeben.

---

[1]) J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Frankfurt am Main, 1842. 8. S. 35.

Die Luftröhre nebst den Bronchialverzweigungen der Lungen bietet ebenfalls deutliche Zeichen von Contractilität dar. Ließ ich bei eben getödteten Kaninchen den untern Kehlkopfnerven reizen, während ich die Luftröhrenringe mit der Loupe beobachtete, so hatte es das Ansehen, als würden die letzteren in demselben Augenblicke einander genähert. Bei dem Pferde konnte ich den gleichen Erfolg nicht wahrnehmen. Allein Longet[1]) beobachtete, daß Galvanisation des herumschweifenden Nerven bei größern Haussäugethieren eine deutliche Zusammenziehung der Luftröhrenverzweigungen zur Folge hat. Die schärfsten Resultate aber lieferten in dieser Beziehung die Versuche von Williams[2]). Dieser Forscher exenterirte bei Hunden die Lungen, brachte in die Luftröhre ein mit Wasser gefülltes Hämadynamometer und leitete durch die ersteren einen galvanischen Strom. Die Flüssigkeit schwankte dergestalt, daß der Unterschied des Niveau die Höhe eines Zolles bisweilen erreichte. Diese Irritabilität der Lungen erlosch häufig unmittelbar nach dem Tode des Thieres, trat aber wieder später hervor und erhielt sich dann ungefähr 1 Stunde lang. Zu lange Reizung erschöpfte sie sehr bald gänzlich. Nach Tödtung durch einen Schlag auf das Hinterhaupt, durch Verblutung, durch Stramonium oder Belladonna soll sie meist sogleich verschwinden, nach Vergiftung durch Strychnin, Coniin oder Morphin bedeutend geschwächt, nach der durch Blausäure dagegen gar nicht verändert werden. Immer aber erhält man stärkere Wirkungen, wenn man die Lungensubstanz selbst reizt, als wenn die Verzweigungen der herumschweifenden Nerven in Affection gesetzt werden. 705

In der Regel beruft man sich, um die Contractilität des Lungengewebes zu erhärten, auf die vielfach gemachte Erfahrung, daß nach Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven nicht selten Lungenemphysem entstehe, d. h. daß die Lungenbläschen durch viel Luft krankhaft ausgedehnt werden. Allein diese Thatsache verliert ihre Beweiskraft, wenn wir bedenken, daß die Athemzüge nach jener Operation unregelmäßiger und früher oder später seltener, aber tiefer werden. Hierdurch müßten sich auch die Lungenbläschen, wenn sie selbst nur dehnbar wären und keinen entsprechenden Grad von Elasticität besäßen, vergrößern. Uebrigens werden wir in der Nervenphysiologie auf diesen Punkt zurückkommen.

Für die Bewegungen der Regenbogenhaut des Auges geben uns die Verhältnisse der Pupille den unmittelbarsten und sichersten Maaßstab. Bei dem Menschen bildet in der Regel das Sehloch einen größern oder geringern Kreis. Nur krankhafter Weise erhält es eine elliptische Form oder wird unregelmäßig verzogen, winkelig u. dgl. Obgleich uns aber die specielle Mechanik der Iris noch nicht hinreichend klar ist, so deuten doch alle Erscheinungen darauf hin, daß die geringste Größe der Pupille durch eine starke Zusammenziehung der sphincterartig wirkenden Muskelfasern hervorgerufen wird. Die möglichste Erweiterung derselben aber ist keine bloß secundäre Folge des Maximum der Erschlaffung, sondern geht ebenfalls aus der Mitwirkung anderer bogiger Strahlenfasern, welche sich dabei activ zusammenziehen, hervor. 706

---

[1]) L'Institut, 1842. Nr. 354. 315.

[2]) Report on the tinth Meeting of the British Association for the advancement of science, hold at Glasgow in August 1840. London, 1841. 8. p. 411—21.

707 Auch bei der Regenbogenhaut kehrt zwar das schon erwähnte Verhalten, daß die Zusammenziehungen nicht ausbleiben, wir mögen die Muskelfasern selbst oder deren motorische Nerven reizen, wieder. Allein für die letztere Art von Affection existirt unter normalen Verhältnissen mindestens eine ebenso große, wo nicht eine bedeutendere Excitabilität, als für die erstere. Die Veränderungen des Lichtes, welche zunächst die Netzhaut treffen und sich von da in ihren Aequivalenten auf die Ciliarnerven übertragen, verengern die Pupille augenblicklich. Wirkungen, welche den dreigetheilten, den gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven oder den obersten Halstheil des sympathischen Nerven berühren, üben bald ihren Einfluß auf die statischen Momente der Iris aus. Auflösungen von manchen narcotischen Substanzen, vorzüglich von den Extracten des Bilsenkrautes oder der Tollkirsche lähmen die Pupille desjenigen Augapfels, auf welchen sie angewandt werden, während sie, wenn sie nicht in zu großer Menge gebraucht worden, den andern Bulbus nicht afficiren. Die mechanischen Reize dagegen, welche sich auf die Regenbogenhaut selbst erstrecken, müssen ein gewisses Quantum von Wirkung besitzen, wenn deutliche Erfolge zum Vorschein kommen sollen. Die Pupille zieht sich zwar häufig sogleich zusammen, sobald wir die wässerige Feuchtigkeit des Auges durch eine in die Hornhaut gemachte Oeffnung abfließen lassen oder die Linse ausziehen. Sie verengert sich fast immer, wenn wir die Iris selbst mit der Spitze der Staarnadel berühren. Allein ein bloß äußerlich ausgeübter Druck auf den unverletzten Bulbus bringt in der Regel keine Veränderung des Sehloches hervor. Die Application von scharfen Körpern, welche die Nerven der Iris nicht sogleich afficiren, wirken, abgesehen von den sie begleitenden Nebenumständen, auf die Regenbogenhaut nicht ein. Galvanisation des lebenden Auges kann zwar von der Iris beantwortet werden. Allein die starre Regenbogenhaut eben getödteter Thiere verhält sich gegen diese Art von Reiz meistentheils indifferent.

708 Im Leben muß die Pupille, wie wir in der Lehre von dem Sehen kennen lernen werden, die verschiedenen Einflüsse des Lichtes, die mannichfachen Momente des Nah- und Fernsehens u. dgl. bestimmt beantworten, wenn die Optik des Auges ihre Zwecke erreichen soll. In dieser Beziehung reagirt die Iris gleich dem empfindlichsten Muskel. Allein anderseits kann auch ihr Gewebe sehr lange in einem gewissen starren Zustande verharren. Nach Zerstörung des dreigetheilten Nerven z. B. bleibt die Pupille bei dem Menschen und dem Kaninchen Wochen lang auffallend verkleinert, bei Hunden und Katzen dagegen einen eben so bedeutenden Zeitraum hindurch vergrößert. Unter mancherlei krankhaften Verhältnissen des Auges, z. B. bei Lähmung der Netzhaut, bei Leiden der Ciliarnerven beobachten wir die gleiche Unveränderlichkeit des dann meist vergrößerten Sehloches. Bei gewaltsamen Todesarten wechselt der Umfang der Pupille. Im Momente der Enthauptung z. B. erweitert sie sich nicht selten, um nach wenigen Secunden in eine bleibende Verkleinerung überzugehen. Häufig hat sie dann auf dem einen Auge einen geringeren, auf dem andern einen bedeutenderen Durchmesser. Dieser Zustand erhält sich eine

Zeit lang, oft mehrere Tage hindurch, und macht hierauf einem anderen wiederum verharrenden Verhältnisse Platz. An manchen Leichen endlich zeigt sich, daß sich die Pupille einige Stunden nach dem Tode allmälig verengt und später von Neuem erweitert. Dieses deutet darauf hin, daß auch diesen Gebilden eine Art von Todtenstarre zukomme.

Wir werden die mannigfaltigen Bewegungen der Iris, sofern sie zum Sehen dienen, in der Physiologie des Auges, und soweit sie von den Nerven abhängen, in der des Nervensystemes genauer kennen lernen. Vorzüglich die letztere Betrachtung wird noch Veranlassung geben, manche Punkte, welche die Contractionserscheinungen der Regenbogenhaut betreffen, zu ergänzen.

Bevor man die Elemente der Iris durch eine genauere mikroskopische Beobachtung und eine speciellere physiologische Forschung als muskulös erkannte, als man noch die Fasern der Iris mit nicht contractilen Gebilden unseres Körpers zusammenstellte, war man genöthigt, die Zusammenziehungen der Regenbogenhaut aus anderen Quellen herzuleiten. Vor Allem stützte man sich hierbei auf ihren Gefäßreichthum. Man sah nämlich in der Verengerung der Pupille eine Art von Erection der Iris, indem dann eine reichlichere Blutmenge das Schwammgewebe derselben durchdringe und so ihre Volumensveränderung hervorrufe [1]). Allein eine solche Hypothese widerstreitet den genaueren Begriffen, welche man indeß über die Mechanik der Erection durch verschiedenartige Füllung mit Blut gewonnen hat. Wir haben nämlich in allen Organen, in welchen ein Proceß der Art zu Stande kommt, wie z. B. in der Milz und vorzüglich in den cavernösen Körpern des männlichen Gliedes, der Clitoris und der inneren Schaamlef zen große venöse Maschenräume, in denen das Blut zur Zeit der Steifung in bedeutender Menge angehäuft und zurückgehalten wird. Die Regenbogenhaut bietet keinen Bau der Art dar. Daß ihre Gefäße geschlängelt verlaufen, beweist noch nichts. Denn diese Einrichtung existirt in allen Apparaten, welche nach Verschiedenheit der Verhältnisse ihre Umfangsbegrenzungen ändern. Selbst in den rothen Muskeln sind die Gefäße so angeordnet, daß sie sich während der Zickzackbiegungen der Muskelfasern wellenartig krümmen. Wäre eine größere Blutfülle die Ursache der Bewegung der Iris, so müßte sich dieses durch die Färbung derselben bei Albinos der Menschen und der Thiere, wo das Blut deutlich durchschimmert, zu erkennen geben. Daß dieses aber nicht Statt finde, kann man bei weißen Kaninchen leicht wahrnehmen.

Schon bei den quergestreiften und vorzüglich den einfachen Muskel- 709
fasern ereignet es sich bisweilen, daß ein einmal angenommener Verkürzungszustand längere Zeit beibehalten wird. Die Regenbogenhaut bietet noch öfter dasselbe dar. Selbst die Verschiedenheit des Lichtes, gegen welches sie sonst so empfindlich ist, verliert häufig ihre Wirksamkeit, weil z. B. die Fixation ferner Gegenstände eine große Pupille fordert, wenn auch ein starkes Lichtquantum die Netzhaut trifft. In den größeren Gefäßen, den Arterien, Venen und Lymphgefäßen tritt aber dieser Fall in höherem Maaße ein und erscheint gewissermaßen als Grundregel. Ihre Wandungen haben sämmtlich einen deutlich nachweisbaren Grad von Contractilität. Allein sie erscheint nicht plötzlich, um eben so rasch zu verschwinden, sondern kommt allmälig zu Stande und hält dafür desto länger an. Die Verengerung stellt sich sogar so langsam ein, daß wir sie meist selbst unter dem Mikroskope nicht verfolgen können. Wir nehmen sie erst dadurch wahr, daß der Durchmesser des Gefäßes nach einiger Zeit bedeutend verkleinert ist. Nur wenn diese Röhren ihres Inhaltes, des Blutes oder der

---

[1]) E. H. Weber Tractatus de motu iridis. Lipsiae, 1821. 4. J. E. König Observationes de organis motum iridis perficientibus. Lipsiae, 1842. 4.

Lymphe, beraubt sind, sinkt ihr Caliber schneller. Ihr Lumen kann dann sogar, vorzüglich wenn es Arterien oder Lymphgefäße sind, fast gänzlich verschwinden.

Hat aber einmal diese Verengerung ihren Gipfelpunkt erreicht, so geht sie nicht plötzlich in Erschlaffung über. Die letztere stellt sich vielmehr ebenfalls nur nach und nach ein. Ueberdies braucht sie dem Ende der Contraction nicht unmittelbar zu folgen. Es kann vielmehr das Gefäß eine lange Zeit hindurch sein verkleinertes Caliber beibehalten.

Wie aber die Natur die Eigenschaften ihrer Apparate den Thätigkeiten, welche durch diese versehen werden sollen, anpaßt, so zeigt sich auch in Betreff dieser Eigenthümlichkeit der größeren Gefäße eine genaue, dem Zwecke entsprechende Berechnung. Eine schnell abwechselnde Zusammenziehung und Erschlaffung, wie sie die Muskeln darbieten, hätte in den Arterien, den Venen und den Lymphgefäßen eine rhythmische selbstständige Pulsation hervorgerufen. Eine solche konnte der Mechanik des Kreislaufes mehr schaden als nützen. Existirte sie, so wäre die Centralisation, welche durch das Herz erzielt ist, entweder aufgehoben oder wenigstens bedeutend geschwächt worden. Indem aber die größeren Gefäßstämme eine Contractilität erhielten, welche, sich streckenweise ausdehnend, allmälig eintritt, eine Zeit lang verharrt und langsam verschwindet, war, wie schon in der Lehre vom Kreislaufe dargestellt wurde (§. 355), den Röhren selbst die Fähigkeit verliehen, ihr Flußbett und dadurch die Schnelligkeit der Bewegung der in ihr enthaltenen Flüssigkeit temporär zu verändern. Unter solchen Verhältnissen mußten aber da, wo wahre rhythmische Pulsationen hervortreten sollten, Muskelfasern angebracht werden. Dieses sehen wir auch an den Lymph- und den Nebenherzen der Thiere und den contractilen Theilen der Hohl- und der Lungenvenen des Menschen.

710 Die Arterien ziehen sich bisweilen schon, wenn sie bloßgelegt werden, durch den alleinigen Reiz der Luft zusammen. Ihr Caliber nimmt dann eine Strecke weit, jedoch nur, sobald sie Blut führen, sehr unbedeutend und allmälig ab. Durch mechanische Irritamente oder durch Kälte können locale Einschnürungen oder allgemeinere Verengerungen der Berührungsstelle oder selbst ausgedehnterer Parthieen entstehen [1]). An dem Gekröse der Feuerkröte vermag sich der Durchmesser einer Schlagader durch Auftröpfeln kalten Wassers auf $1/3$ bis $1/4$ seines früheren Werthes zu reduciren (Schwann). Für galvanische Ströme scheint die Haut der Arterien minder empfänglich zu sein. Chemische Substanzen, wie Säuren und Alkalien, verengern zwar; allein es bleibt noch dahin gestellt, wieviel hierbei der Zerstörung des contractilen Gewebes selbst zuzuschreiben sei. Nach Nervenreizen zieht sich dieses bisweilen deutlich zusammen.

711 Wird eine Arterie durchschnitten, so daß das Blut ausfließt, so vermindert sich nicht bloß ihr Querdurchmesser, sondern sie zieht sich auch der Länge nach zurück. Beides erfolgt selbst an denjenigen Fragmenten, durch

---

[1]) Siehe J. Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 513. **Budge** allgemeine Pathologie. Bonn, 1843. 8. S. 189.

welche noch ein Blutstrahl hervorgetrieben wird. Daß die Erscheinung keine bloße Folge der Elasticität der Schlagaderwandungen sei, lehrt das Ausbleiben derselben an älteren, jedoch noch nicht zu sehr faulenden Leichen. Vergl. übrigens §. 355 fgg.

Da die Verkleinerung des Querdurchmessers bei den meisten Beobachtungen, welche wir über die Zusammenziehung der Arterien anstellen, vor Allem in die Augen fällt, so schloß man hieraus, daß die Ringfasern derselben die vorherrschend oder ausschließlich contractilen Elemente seien. Allein die nicht minder klar hervortretende Längenverkürzung beweist, daß auch andere Gewebe der Schlagaderwandungen die Eigenschaft der lebendigen Verkürzung theilen können.

Die Venen beantworten meistentheils äußere, bei physiologischen Versuchen angebrachte Reize auf keine so auffallende Art, als die Arterien. Werden sie bloßgelegt und dadurch der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt, so verengern sie nicht immer ihr Lumen. Nach vorgenommener Quertheilung fallen sie eher zusammen, behalten aber ihren Umfang mehr oder minder bei und verkürzen sich nicht in dem Maaße, wie die Arterien. Durch Reizung der Nerven lassen sich fast nie positive Erfolge erzielen. Mechanische Irritation oder die Einwirkung des kalten Wassers bleiben häufig indifferent. In seltneren Fällen dagegen bilden sich einzelne Einschnürungen oder ausgedehntere Verengerungen. Auch gegen Galvanismus sind sie meist unempfindlich. Chemisch zerstörende Reize verkürzen sie theils in Folge der Umänderung der Substanz der Wandungen, theils durch die lebendige Reaction der Gewebe. Das letztere erhellt daraus, daß sich manche Stellen, welche von der Flüssigkeit nicht unmittelbar getroffen werden, zusammenziehen und später wiederum ausdehnen. Daß endlich der Umfang lebender Blutadern bei unversehrtem Körper nach äußeren Veranlassungen häufig wechsele, können wir leicht an unseren eigenen Hautvenen wahrnehmen. Allein solche Erfahrungen geben noch keine stricten Beweise für die hier zu betrachtenden Eigenschaften dieser Gebilde. Vergl. §. 378.

Da die Wandungen der Capillaren die wesentlichen Elemente der größeren Gefäße darbieten, so würde es schon aus diesem einen Grunde keinem Zweifel unterliegen, daß auch ihnen contractile Eigenschaften zukommen. In der That bestätigen dieses auch directe Erfahrungen. In abgeschnittenen Theilen frisch getödteter Thiere sehen wir nicht selten, daß sich einzelne feinste Blutgefäße, welche kein Blut mehr enthalten, bis zum Verschwinden ihres Lumens zusammenziehen und fadig dünn werden. Die im Leben an unverletzten Organen anzustellenden Untersuchungen fallen häufig minder entscheidend aus, weil der Druck, unter welchem das Blut durchfließt, die Geschwindigkeit und Consistenz der letzteren Complicationen bilden, deren Werth wir nicht immer genau berechnen können. Nichtsdestoweniger finden sich auch hier einzelne Beobachtungen, welche eine definitive Beweiskraft besitzen. Legen wir z. B. die Lunge eines lebenden Frosches auf die §. 367 geschilderte Weise bloß, so sehen wir bisweilen, daß sich die Capillaren durch den bloßen Reiz der Atmosphäre verengern. 712

Aehnliche Beobachtungen ergaben sich bei Anwendung der Kälte oder Wärme und einzelner Salze, welche die Consistenz des Blutes nicht wesentlich verändern. Daß die Capillaren den Einwirkungen des Nervensystemes sehr prompt gehorchen, lehren das Erblassen durch Schreck oder Furcht, das Erröthen durch Schaam oder andere Gemüthsaffecte. Vergl. §. 373.

713 Nach der Analogie der größeren Gefäßstämme betrachtet man im Allgemeinen die Verengerung der Capillaren als den Ausdruck einer stärkeren Contractilität, die Erweiterung dagegen als die Folge der Lähmung derselben. Nehmen wir den letzteren Ausdruck nur bildlich, um einen bloß verminderten Zusammenziehungsgrad zu bezeichnen, so kann jene Vorstellung für die meisten Fälle richtig bleiben. Das normale Blut strömt in den Capillaren unter einem bestimmten Drucke. Vermögen die Wandungen der feineren Blutgefäße ihn zu überwinden und die durch ihre Verengerung entstehende Vergrößerung desselben auszuhalten, so wird eine Verkleinerung des Lumens resultiren. Sind dagegen die Contractilitätserscheinungen schwächer als im mittleren Normalzustande, so muß eine Erweiterung zu Stande kommen. Allein anderseits bleibt es auch wenigstens theoretisch denkbar, daß die letztere Erscheinung wenigstens in manchen Fällen aus einer activen Veranlassung der Capillarwände hervorgehen könne. Wäre es z. B. möglich, daß sich die Längenfasern ohne die Querfasern contrahiren, so müßte hieraus eine Vergrößerung des Lumens resultiren. Diese kann auch die Folge der überwiegenden Contractilität von Nachbargebilden über die der Capillarwandungen darstellen. Die Zusammenziehung der Lederhaut z. B. vermag vielleicht die in den Tastwärzchen enthaltenenen Blutgefäße secundär zu erweitern. Vgl. §. 373.

714 Die Reizbarkeitsphänomene der Lymphgefäße endlich erinnern in vielen Punkten an die der Venen. Durch die bloße Einwirkung der Luft ziehen sie sich häufig sehr stark zusammen. Mechanische Irritation oder die Anwendung von kaltem oder warmem Wasser bleibt bald unbeantwortet; bald dagegen wird sie durch örtliche oder allgemeinere Einschnürung erwiedert. Wurden die Elektroden einer starken galvanischen Säule an den Milchbrustgang einer Ziege angelegt, so erfolgte zwar keine augenblickliche Zusammenziehung. Allein das Lymphgefäß schien sich nach einiger Zeit local etwas verengert und kleine Einschnürungen erhalten zu haben (Joh. Müller). Wieviel übrigens bei solchen Wirkungen auf Rechnung des galvanischen Stromes komme und was durch seine elektrolytischen Effecte bedingt werde, bleibt unentschieden. Durch Betupfen mit einer schwachen Auflösung von kaustischem Kali wurde ein am Halse eines lebenden Pferdes bloßgelegtes Lymphgefäß in einen dünnen Faden verwandelt. Rauchende Salzsäure wirkte noch stärker und coagulirte zugleich die enthaltene Lymphe zu einem weißem Rahme. Vergl. §. 284.

715 Unter denjenigen Gebilden, welche, dem freien Auge nach zu urtheilen, aus Zellgewebe bestehen, zeichnet sich die Dartos durch ihre auffallenden Contractilitätserscheinungen aus. Bekanntlich runzelt sich der Hodensack, sobald er mit kaltem Wasser in Berührung kommt, eine Erscheinung, welche eben durch die auf diese Weise in Thätigkeit gesetzte Verkürzung der

Dartos bedingt wird. Wärme erschlafft dieselbe. Gegen Galvanismus dagegen verhält sie sich indifferent (Jordan, Joh. Müller)[1]. Diese Erfahrung zeugt aber noch nicht direct für die Zusammenziehungsfähigkeit des gewöhnlichen Zellgewebes. Denn eine genauere mikroskopische Untersuchung der Dartos des Menschen lehrt, daß sie nicht bloß aus feinen Fadencylindern bestehendes Zellgewebe enthält, sondern auch eine Art platter, einfacher Fasern führt, welche an die muskulösen Elemente der Arterien und zum Theil der Iris erinnern.

Obgleich die Lederhaut aus bloßen Fadencylindern, welche denen 716
des Zellgewebes isomorph sind, zusammengesetzt zu werden scheint, so besitzt sie doch mit Sicherheit nachweisbare Contractilitätseigenschaften. Dieses erhärten schon die Verhältnisse der sogenannten Gänsehaut, bei welcher die fadigen Elemente der Cutis dergestalt verkürzt werden, daß die Haare und die Hautdrüsen mehr hervortreten. An den serösen und den Schleimhäuten haben wir keine so deutlichen Belege der Zusammenziehungsfähigkeit, obgleich sich wahrscheinlich die letzteren ebenfalls selbstständig verkürzen können. Die Fadencylinder des Unterhaut- und des verbindenden Zellgewebes, der Schleimbeutel, der Gelenkkapseln und selbst der harten Haut des Auges, der Muskelscheiden und der Sehnen können zwar ihre Längenausdehnung dadurch vermindern, daß sie sich wellig biegen und kräuseln. Allein diese Eigenschaft scheint eine bloße Folge ihrer Elasticität, nicht aber einer organischen Contractilität zu sein. Auch das eigentliche elastische Gewebe bietet wahrscheinlich dieselben Grundverhältnisse dar. Die Elemente der Epithelien (mit Ausnahme des schon berührten Flimmerepithelium), der Horngewebe, der Krystalllinse, der Knorpel, der Knochen, des Nervensystemes und des Fettes zeigen keine Erscheinungen, welche auf eine eigenthümliche Contractilität hindeuten.

Ueberblicken wir nun aber die Reihe der Elemente, welche einer leben- 717
digen Zusammenziehung fähig sind, so giebt sich trotz der mannigfachen Aehnlichkeiten eine gewisse Stufenfolge deutlich zu erkennen. Die quergestreiften Muskelfasern zucken nach Anwendung der verschiedenartigsten Irritamente und beantworten diese Angriffe, so lange die Reizbarkeit überhaupt besteht, auf sichere Weise. Hier, wo die Contractilität das Maximum ihrer Ausbildung erreicht, ist auch ihr Erscheinen fast ebenso bestimmt, als das eines jeden andern an gewisse, leicht zu erregende Vorbedingungen gebundenen Phänomens. Die Contraction tritt auch meistentheils nur augenblicklich auf und macht sogleich der nachfolgenden Erschlaffung Platz. Sie erfolgt im Durchschnitt nach Reizung der Muskelsubstanz selbst ebenso häufig wie nach der der Nerven. Bei den einfachen Muskelfasern ist die Zahl der Reize, welche die Energien dieser Elemente hervorrufen, noch ebenso groß. Allein der Angriff auf die Muskelmasse selbst ist oft glücklicher, als der, welcher die motorischen Nerven derselben trifft. Die Bewegung erscheint in vielen Fällen erst einige Zeit nach der Reizung, pflanzt

---

[1]) Jordan in Müller's Archiv, 1834. S. 315. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 27. 28.

sich peristaltisch fort oder erhält sich eine Zeit lang als bleibende Verengerung. Diejenigen contractilen Gebilde, welche sich anatomisch, wie physiologisch den einfachen Muskelfasern zunächst anschließen, theilen auch noch eine oder die andere Eigenschaft derselben. Die Ausführungsgänge der Drüsen zeugen hierfür am deutlichsten. Sie reagiren sowohl auf Reize, welche sie selbst, als auf solche, welche ihre Nerven treffen. Die Bewegungen sind wurmförmig und unter günstigen Verhältnissen ebenso stürmisch, wie die des Dünndarmes. Von nun aber hört die Peristaltik auf. Es erscheint nur eine, oft erst nach längerer Zeit eintretende Verengerung, welche eine Zeit lang verharrt und erst allmälig schwindet. Nach dem Tode rufen immer local angebrachte Reize sichrere Erfolge, als Irritamente, welche die Nerven afficiren, hervor. Ueberhaupt aber werden die Erscheinungen gleichsam capriciöser. Positive Effecte bleiben häufig aus, ohne daß wir uns immer eine bündige Rechenschaft von den Ursachen dieses Resultates geben können. Die Reihe der Irritamente endlich, welche intensive Wirkungen bedingen, verkleinert sich. Die Gefäße werden für den Galvanismus, die Dartos und zum Theil die Lederhaut für diesen und mechanische Affectionen unempfänglicher. Die Einwirkungen der Temperatur und chemischer Lösungen, sowie im Leben der directe oder indirecte Befehl der Nerven bleiben am längsten in ihrem Rechte und scheinen überall die Contractilitätseigenschaften in Thätigkeit setzen zu können.

718 Von den eben behandelten Erscheinungen der Contractilität sind noch die der Tonicität zu unterscheiden. Durch jene nämlich wird immer nur ein Verkürzungszustand, welcher bald wieder verschwindet, hervorgerufen. Der Tonus eines Gewebes hingegen besteht in einer gewissen mittleren Spannung, welche ihm im Normalzustande immer zukommt. Obgleich nun vielleicht Tonicität und Contractilität aus denselben wesentlichen Grundursachen hervorgehen, so leidet es doch nach unsern gegenwärtigen Kenntnissen kaum einen Zweifel, daß die Möglichkeit des Tonus Elementen, welche keine lebhafte Contractilität besitzen, keineswegs abgeht. Dieses sehen wir z. B. deutlich an den Gelenkbändern und zum Theil den Sehnen, welche bei Mangel ihres Tonus erschlaffen und dadurch zu Abnormitäten, z. B. der Stellungen des Skeletts, Veranlassung geben [1]). Umgekehrt können eben solche Gebilde, wenn krankhafte Vorbedingungen eintreten, ein Zusammenziehungsvermögen entwickeln, das wenigstens im gesunden Zustande nicht so deutlich zum Vorschein kommt. Unter normalen Verhältnissen giebt sich z. B. dieses durch kein auffallendes Zeichen an der Sklerotika zu erkennen. Sind dagegen Krystalllinse und Glaskörper entfernt worden, so fällt die harte Haut des Auges nicht bloß zusammen, sondern verkürzt sich auch, sei es durch Ernährungsveränderungen oder aus andern Ursachen, auf eine dem verminderten Volumen des Bulbus entsprechende Weise. (Vgl. §. 47.) An den Gelenkbändern, den Sehnen und deren Scheiden, den faserigen Muskelhüllen zeigen sich unter krank-

---

[1]) Siehe E. Stromeyer über Atonie fibröser Gewebe und deren Rückbildung. Würzburg, 1841. 8.

haften Bedingungen ähnliche Verminderungen der Längenausdehnung, deren Folgen, so weit sie den Menschen betreffen, bei den Specialbewegungen des letztern betrachtet werden sollen.

Mechanische Verhältnisse der Bewegungsorgane thierischer Theile. — Soll eine Bewegung überhaupt zu Stande kommen, so muß ein träger Körper durch eine auf ihn einwirkende Kraft zum Wechsel seines Ortes veranlaßt werden. Hierbei erfolgt, wie bei allen todten Hebeln, eine Verrückung des Körpers im Ganzen, oder es nehmen die Molecule, wie z. B. durch Einwirkung einer Temperaturveränderung, eine andere gegenseitige Stellung an, oder lagern sich in abweichenden Entfernungen von einander. Bei den organischen Bewegungen erzeugt die Reizbarkeit, durch deren Einfluß die contractilen Elemente verkürzt werden, die Kraft, welche die Ortsveränderung anregt. Andere Organe dagegen, die mit den irritablen Gebilden fest verbunden sind, übernehmen die Rolle von Hebeln und unterwerfen sich auf passive Weise dem Zuge, welcher auf sie ausgeübt wird. Man nennt daher auch diese Apparate die passiven, die reizbaren Theile dagegen die activen Bewegungswerkzeuge. 719

Halten wir uns zunächst an die Muskelfasern, so finden wir, daß ihnen eine gewisse Reihe von Geweben, wie z. B. die isolirten Bündel des Zellgewebes, die Fettzellen, die Epithelien, die Linsenfasern, die Elemente des Nervensystems, die Lymphgefäße und, wenn man von dem Herzen absieht, die Blutgefäße in keinem Falle als unmittelbare passive Bewegungsorgane dienen. Dagegen treten in dem menschlichen Organismus die Knochen, die Knorpel, die aus Fadencylindern zusammengewebten Häute und die Sehnen in dieser Rolle auf. Bei einzelnen Thieren können auch noch die Zähne und die Haare oder deren Aequivalente solche Functionen übernehmen. Uebrigens versteht es sich von selbst, daß alle Gewebe ohne Unterschied auch in unserem Körper als mittelbar bewegte Theile zu erscheinen im Stande sind. 720

Die obigen Ansatztheile beziehen sich natürlicher Weise, so wie sie genannt wurden, auf die physiologischen Verhältnisse. Denn streng anatomisch genommen, kann sich jeder Muskel nur an ein Fasercylindergewebe ansetzen. Bei den Knochen und Knorpeln dienen die Beinhaut und die Knorpelhaut zu diesem Zwecke.

Für größere Kraftwirkungen können nur, wie sich von selbst versteht, festere Hebel gebraucht werden. Hierzu sind vor Allem die Knochen oder Apparate, welche ihnen in dieser Beziehung mehr oder minder äquivalent sind, geeignet. Daher finden wir auch zunächst als Norm, daß sich alle aus quergestreiften Fasern bestehenden Muskeln, welche zu verhältnißmäßig bedeutenderen Kraftäußerungen bestimmt worden, mit ihren beiden Enden unmittelbar oder häufiger noch zum Theil sehnigt an Knochen anheften. Dieses sehen wir z. B. an dem Masseter, Temporalis, Pterygoideus externus und internus, Sternocleidomastoideus, Omohyoideus, Digastricus maxillae inferioris, Mylohyoideus, Geniohyoideus, Stylohyoideus, Rectus capitis anticus major und minor, Rectus capitis lateralis, den Scalenis und den meisten Muskeln des Nackens, des Rückens, der oberen und 721

und der unteren Extremitäten des Menschen. Andere, welche ebenfalls noch proportionell bedeutende Wirkungen zu Stande bringen, werden ihrem Verlaufe nach genöthigt, sich wenigstens mit einem Theile ihrer Fasern oder auch an dem einen Ende gänzlich an Knorpelmassen anzufügen. So z. B. der Sternohyoideus, Sternothyreoideus, Hyothyreoideus, Pectoralis major und bisweilen der Pectoralis minor, der Subclavius, die Intercostales externi und interni, der Rectus abdominis, das Zwerchfell u. dgl. Nur ausnahmsweise erscheint hier der bei dem langen Kopfe des Biceps brachii eintretende Fall, daß die Ursprungssehne durch das Schultergelenk verläuft und sich zur Gelenkfläche des Schulterblattes und der hier befindlichen knorpeligen Lippe begiebt.

722 Ein hinreichendes Aequivalent für solche knöcherne oder knorpelige Ansatzstellen bilden straffere Bänder, vorzüglich wenn sich nur ein Theil der Muskelfasern auf sie, ein anderer dagegen auf jene härtern Substanzen stützt. Dieses erhellt schon aus der Betrachtung der meisten Nacken- und Rückenmuskeln, bei deren Befestigung sich auch die zwischen den Wirbeln und an deren Fortsätzen angebrachten ligamentösen Apparate betheiligen. Auf gleiche Weise verlaufen Fasern des Cucullaris an das verhältnißmäßig rudimentäre Nackenband des Menschen, solche des Supinator brevis und des Extensor carpi radialis brevis an das Ringband der Speiche, einzelne des Obliquus abdominis internus an das Ligamentum Poupartii, des Iliacus internus an das Ligamentum ileo-lumbale, des Glutaeus maximus an das Ligamentum ileo-sacrum und tuberoso-sacrum und des Flexor hallucis brevis und des Adductor hallucis an das Ligamentum calcaneo-cuboideum.

723 Auf ähnliche, jedoch nicht ganz gleiche Art verhalten sich fibröse Häute, welche in Knochenöffnungen oder Spalten fest ausgespannt sind. So z. B. entspringen die Muskelfasern des Flexor digitorum communis profundus, des Extensor pollicis brevis, des Extensor indicis proprius und zum Theil des Abductor pollicis longus von dem Zwischenknochenbande des Vorderarmes, des Obturator internus (weniger des externus) von der Membrana obturatoria und des Tibialis anticus, des Extensor digitorum pedis communis longus, des Extensor hallucis longus, des Tibialis posticus und Flexor communis digitorum pedis longus von dem Ligamentum interosseum des Unterschenkels.

724 Dünnere fibröse Häute, welche nur einer gewissen Anspannung oder Befestigung fähig sind, eignen sich, als Ausgangspunkte eines Theiles der Fasern mittelstarker Muskeln zu functioniren. Diesem entsprechend kommen z. B. einzelne Fasern des Coracobrachialis von dem sogenannten Ligamentum intermusculare internum, des Brachialis internus, Supinator longus und Extensor carpi radialis longus von den Ligamenta intermuscularia des Armes, des Levator ani von der Beckenfascie und deren sehnigtem Bogen u. dgl.

725 Die Binden, welche größere Muskelgruppen einhüllen, können zunächst in analogen Verhältnissen auftreten. So z. B. entstehen Fasern des Extensor carpi radialis brevis und des Extensor communis digitorum von

der Vagina cubiti, des Abductor pollicis brevis, des Flexor brevis und Opponens digiti minimi von den Bändern und Aponeurosen der Handwurzel, des Glutaeus maximus von der Oberschenkelbinde u. dgl. Außerdem aber haben manche Fascien, wie man sich wenigstens anatomisch ausdrückt, ihre eigenen Spanner, d. h. eigenthümliche Muskeln, denen sie als Angriffspunkte dienen. In diesem Verhältnisse erscheint der Palmaris longus zu dem Ligamentum carpi volare proprium und der Aponeurosis palmaris, sowie der Tensor fasciae latae zur Oberschenkelbinde. Ebenso geht auch ein Theil der Sehne des kurzen Kopfes des Biceps brachii in die allgemeine Binde des Vorderarmes über. Es leidet jedoch kaum einen Zweifel, daß die Hauptthätigkeit dieser Muskeln nicht darin besteht, die genannten schon ohnedies straff angezogenen Fascien noch mehr zu spannen. Sie wirken nur auf diese unmittelbar. Mittelbar dagegen beziehen sich ihre wesentlichsten Effecte auf die Glieder, welche durch die genannten Binden umschnürt werden. Der Palmaris longus trägt daher zur Biegung der Hand, der Tensor fasciae latae zur Abduction und Einrollung des Oberschenkels bei. Selbst der Biceps brachii vermag vielleicht durch seinen Ansatz an die Binde des Vorderarmes auf diesen im Ganzen nur desto energischer zu wirken.

Größere und dünnere Häute, welche neben ihren Fadencylindern viel elastisches Gewebe enthalten, liefern zwar sichere, aber mobilere Angriffspunkte. Dieses sehen wir z. B. an der weißen Linie des Unterleibes, welche von den beiden Obliquis, dem Transversus und zum Theil dem Pyramidalis abdominis in Anspruch genommen wird.

Muskelfasern, die von den Sehnen anderer Muskeln entspringen, wür- 726
den noch beweglichere Stützpunkte bedingen, wenn nicht jene tendinösen Gebilde selbst mehr oder minder befestigt wären. Denn gehen die Fasern von den sehnigten Theilen eines benachbarten und meist gleichzeitig wirkenden Muskels ab, so wird dieser durch seine Zusammenziehung zu einem festeren Hypomochlion. Findet aber ein Verhältniß der Art nicht Statt, so müssen die Sehnen schon von vornherein, wenigstens bis zu einem gewissen Grade fixirt sein. Diesen Fall sehen wir z. B. an den Spuhlwurmmuskeln der Hand, welche von den Sehnen des Flexor communis digitorum profundus, und den Lumbricales des Fußes, die von denen des langen gemeinsamen Zehenmuskels kommen.

Kleinere und zum Theil mittlere Muskelmassen werden fast nie mit 727
ihren beiden Enden an Knochen befestigt. Selbst der Tensor tympani und des Stapedius bilden keine ganz vollständige Ausnahme hiervon. Dagegen gehorchen jene ebenfalls der allgemeinen Norm, daß ihre nächsten Hebel entweder Knochen oder Knorpel oder aus Fadencylindern zusammengewebte Theile sind. Auf diese Weise treten z. B. Fasern des Levator palpebrae superioris an den Faserknorpel des obern Augenlides, solche des Levator labii superioris alaeque nasi, des Compressor nasi, des Depressor septi narium mobilis, des Orbicularis oris zu den verschiedenartigen Nasenknorpeln, des Attollens, Attrahens und der Retrahentes auriculae, des M. major und minor helicis, des Tragicus, Antitragicus, Transversus auri-

culae und Dilatator conchae an die Ohrmuschel, die innern Kehlkopfmuskeln zum Theil an die Kehlkopfknorpel u. dgl. Zu denjenigen Fasergebilden aber, welche kleinere und mittlere Muskelansätze aufnehmen, gehören vorzüglich die Galea aponeurotica, die Commissuren und Bänder der Augenlider, die Sklerotica, die Gelenkkapseln, die äußere Haut, die Scheidenhaut des Hodens und des Samenstranges und einzelne Schleimhäute. An die Galea aponeurotica heften sich z. B. der Frontalis, Occipitalis und der Attollens auriculae, an das Ligamentum palpebrale internum Fasern des Orbicularis palpebrarum, an die innere Augenlidcommissur solche des Tensor tarsi und an die Sclerotica die vier Recti und die zwei Obliqui des Auges. Die Haut hat in dieser Beziehung ihre ausgedehnteste Wirksamkeit am Gesichte. Denn hier gewährt sie den meisten Muskeln des Antlitzes geeignete Angriffspunkte. So z. B. dem Corrugator supercilii, Levator labii superioris alaeque nasi, Compressor und Pyramidalis nasi, Depressor septi narium mobilis, Orbicularis oris, Levator labii superioris proprius, Zygomaticus major und minor, Levator und Depressor anguli oris, Risorius Santorini, Quadratus, Levator und Transversalis menti, den Incisivi Cowperi und dem Buccinator. An anderen Stellen des Körpers übernimmt sie diese Rolle nur ausnahmsweise und für weniger zahlreiche Muskelfasern. So z. B. für den Platysmameoides am Halse, den Sphincter ani externus am Damme, den Palmaris brevis an der Hohlhand. Von Gelenkkapseln empfängt die des Ellenbogens die Fasern des Subanconaeus und die des Kniegelenkes die Elemente des Subcruralis. Als Motoren der Schleimhaut der Zunge erscheinen unmittelbar der Lingualis und mittelbar der Hyoglossus, Genioglossus und Styloglossus; als solche des weichen Gaumens der Levator und Circumflexus palati mollis, der Glosso- und Pterygopalatinus; als solche des Schlundes der Stylopharyngeus und zum Theil der Buccinator. Endlich empfängt die Scheidenhaut des Hodens und des Samenstranges ihren Cremaster und die zellgewebige Umhüllung der Schilddrüse ihren Thyreoideus.

728 Bei manchen passiven Bewegungsorganen, welche von quergestreiften Muskelfasern beherrscht werden, bildet nicht sowohl die Hebelbewegung derselben, als die Verengerung eines röhrigen Lumen den Endeffect. Der Bulbocavernosus z. B. drückt zwar die Zwiebel und den Zellkörper der Harnröhre zusammen. Allein dieses geschieht zum Theil nur, damit der Canal der Urethra verkleinert und abgesperrt werde. Auf ähnliche Zwecke reduciren sich die Thätigkeiten des Ischiocavernosus, des Constrictor urethrae membranaceae, des Constrictor cunni u. dgl. Bei den Constrictores pharyngis und den quergestreiften Muskelfasern der Speiseröhre ist die peristaltische Verengerung des Lumens des Pharynx und Oesophagus, wie schon früher (§. 688) erörtert worden, die Hauptfolge der Bewegung Ebenso bezieht sich die vorzüglichste Bestimmung des Sphincter ani externus auf die Verengerung der Aftermündung. Zu secundärem Verschlusse von Oeffnungen dienen z. B. der Orbicularis oculi und oris.

729 Die einfachen Muskelfasern setzen sich nie, wenn man etwa den

Sphincter ani internus mancher Säugethiere, z. B. des Pferdes, ausnimmt, in größerer Menge an Knochen oder Knorpel der höhern Geschöpfe an. Ihre nächsten Hebel sind in der Regel Schleimhäute. Allein auch bei ihnen bildet nicht sowohl die Bewegung von diesen, als die Verengerung röhriger Lumina die Hauptthätigkeit. Dieses sehen wir z. B. an dem Nahrungscanale und der Harnblase. Eine Ausnahme hiervon bildet nur der Retractor penis des Pferdes. Ebenso besteht das Endziel der Zusammenziehungen der muskulösen Fasern der Drüsengänge, der Gefäße u. dgl. in Verkleinerung des Rauminhaltes entsprechender Röhren. Die Contractionen der Iris endlich bezwecken auch nur die Veränderungen der Oeffnungsgrößen der Pupille.

Unter den sämmtlichen passiven Bewegungsorganen müssen die Kno- 730
chen und Knorpel vor Allem unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Denn an sie heften sich nicht bloß die kräftigsten Muskeln unmittelbar an, sondern viele von diesen, welche selbst direct auf andere Gebilde wirken, beziehen ebenfalls noch ihre vermittelten Effecte auf Skeletttheile unseres Körpers.

Das Knochensystem übernimmt in unserm Organismus eine zweifache 731
Rolle. Indem es härtere Wandungen herstellt, beschützt es einerseits zartere innere Theile. Diese Bestimmung hat z. B. der Schädel für das Gehirn, die Wirbelsäule für das Rückenmark, der Brustkasten für das Herz und die Lungen und das Becken für die innern Geschlechtstheile und einzelne Parthien des Harn- und Verdauungsapparates. Anderseits aber dient das Skelett zum Ausgangspunkte zahlreicher Muskeln, von denen dann wiederum viele die ihren entgegengesetzten Enden entsprechenden Knochenstücke als Hebel benutzen. Nur die wenigsten Muskeln entspringen von absolut fixen Theilen und haben daher eine bloß einseitige Wirkung. Ein solches beschränkteres Verhältniß finden wir z. B. an den geraden und schiefen Augenmuskeln. Indem der knöcherne Augenhöhlengrund unverändert bleibt, können jene ihre Thätigkeit unter allen Verhältnissen nur auf den Augapfel beziehen. Aehnliche Momente zeigen viele Gesichtsmuskeln. An den meisten übrigen Skeletttheilen dagegen herrscht das Princip der Beweglichkeit, das der labilen statt der stabilen Fixation in hohem Maaße vor. Die einzelnen Knochenstücke müssen zuvörderst durch Muskelwirkungen mehr oder minder festgestellt sein, bevor andere Muskeln hinreichend sichere Ausgangspunkte an ihnen finden können. Eine scheinbar einfache Thätigkeit setzt daher häufig eine ganze Reihe von Nebenfunctionen, die als nothwendige Vorbedingungen wirken, voraus. Soll z. B. der Deltoideus mit seiner vollen Kraft den Oberarm nach außen heben, so muß vorher das Schulterblatt durch den Levator scapulae, den Rhomboideus, Trapezius und zum Theil durch Vermittlung der Scaleni fixirt sein. Allein diese Muskeln können nur dann genügend wirken, wenn sie an der Wirbelsäule ihre hinreichend starren Ausgangspunkte finden. Es müssen daher die Strecker der Wirbelsäule, wie der Splenius und Transversus colli, der Sacrolumbaris und Longissimus dorsi, der Spinalis und Semispinalis cervicis und dorsi, die Interspinales, der Multifidus spinae ihre Pflicht

in bedeutenderem oder schwächerem Grade erfüllen. Ist die zu hebende Last von geringerer Größe, so braucht auch die Thätigkeit der Fixation keine so erhebliche Intensität zu erreichen. Sind die Bewegungen minder ausgedehnt, so können sie ohne Weiteres erfolgen. Es kehrt dann ein ähnliches Verhalten, wie bei den Augen- und den Gesichtsmuskeln wieder. So z. B. bedürfen viele Muskeln des Vorderarmes und des Unterschenkels erst keiner vorhergehenden Feststellung ihrer ohnedies schon fixeren Ausgangspunkte, um auf die einzelnen Theile der Hand oder des Fußes einzuwirken.

732 Jede von Menschenhand gearbeitete, nur etwas complicirte Maschine würde, wenn man ihr das Princip einer labilen Feststellung in irgend einer Ausdehnung zum Grunde legen wollte, in Verwirrung gerathen. Denn diese Variabilität der Stellungen der Hebel und der Wirksamkeit der Kräfte setzt eine Berechnung voraus, deren unser Geist kaum fähig ist. Indem aber die Natur ein solches Problem in dem thierischen Körper löst, gewinnt sie dadurch den wesentlichen Vortheil, daß sie mit verhältnißmäßig geringen Mitteln eine unendliche Mannigfaltigkeit von Bewegungen erzielt und zu gleicher Zeit dieselben passiven Bewegungsorgane als die verschiedenartigsten Hebel mit den mannigfachsten unterstützenden und fordernden Kräften wirken können.

733 Da der Knorpel nur ein specifisches Gewicht von 1,0883 besitzt, so konnte er in seinem Innern solid sein, ohne bei einer bestimmten Masse eine zu große absolute Schwere zu erlangen. Bei den Knochen dagegen wäre etwas der Art nicht möglich gewesen. Ihre Eigenschwere gleicht 1,8777. Beständen die Hebel aus dichter Knochensubstanz, so wären sie leicht bei ihrer Größe so schwer geworden, daß der Druck der Atmosphäre ihr Gewicht an vielen Stellen nicht aufhob und daß daher ein Theil desselben auf die Muskeln fiel und ein Quantum Contractilitätskraft derselben nutzlos in Anspruch nahm. Um dieses zu verhüten, gebraucht die Natur mehrfache Correctionsmittel. Sie versetzt die dichte Knochensubstanz nur an die Peripherie, damit hier ein hinreichender Grad von Festigkeit und Widerstand erzeugt werde. Das Innere dagegen füllt sie mit lockerem Mark, welches schon von vornherein für denselben Raum weit weniger Knochenmasse führt und außerdem noch das specifisch leichte Fett in sich enthält, aus. Hierdurch erlangt dann der Knochen im Ganzen mit seiner Beinhaut eine Eigenschwere von 1,4554 bis 1,2157. Dazu kommt aber noch, daß alle größern Markräume mit Wasserdunst gefüllt sind und daher das absolute Gewicht der lebenden Knochen noch mehr erleichtert wird.

734 Ein ungefähres numerisches Maaß für die Vertheilung der dichten und der schwammigten Masse der Knochen unseres Skeletts geben die Aschenprocente, welcher jeder von ihnen enthält. Abstrahiren wir von den bald zu erwähnenden Schädelknochen, so zeigt sich im Allgemeinen, daß ein Knochen an organischen Bestandtheilen um so ärmer erscheint, je weniger er unter den normalen Verhältnissen bei seinen auszuhaltenden Druck- und Lastwirkungen der Gefahr eines Bruches ausgesetzt ist. Auf diese Weise haben wir z. B. bei dem Erwachsenen in den Wirbeln 60,5 %,

der Kniescheibe 63,7 %, dem Brustbeine 64,7 %, den Rippen 65,3 %, den Metatarsusknochen 65,9 %, dem Schienbeine 66,2 %, dem Wadenbeine 66,5 %, der Speiche 66,3 %, dem Oberarmbeine 68,3 % und dem so stark wirkenden Unterkiefer 68 % Asche (Frerichs). Diese höchsten Werthe aber bilden keineswegs die überhaupt vorkommenden Maxima, weil die Schädelknochen noch größere Zahlen in dieser Hinsicht darbieten. An dem Scheitelbeine z. B. zeigen sich 68,5 % und an dem Felsenbeine, dem härtesten Knochen des Körpers, sogar 70,2 % feuerfester Bestandtheile.

Weshalb die Natur die unorganischen, nicht flüchtigen Verbindungen 735
in den verschiedenen Knochen ungleich vertheilt hat, läßt sich leicht einsehen. In jedem ossificirten Stücke haben wir zwei verschiedene Arten von Elementen. Der zum Grunde liegende Knochenknorpel besitzt eine geringere absolute Festigkeit, zeichnet sich aber durch einen höhern Grad von Elasticität aus. Vermöge des Zutrittes einer bedeutenderen Menge von Aschenbestandtheilen nimmt die letztere ab, die erstere dagegen zu. Indem daher die dichte Knochensubstanz für dasselbe Volumen mehr feuerfeste Verbindungen als die Markmasse führt, muß sie absolut fester, hingegen weniger elastisch sein. Durch eine glückliche Combination dieser beiden zum Theil entgegengesetzten Bedingungen aber kann natürlicher Weise mit den mannigfachsten Metamorphosen diejenige Reihe von Bedingungen erzielt werden, welche die einwirkenden Lasten, die Geschwindigkeit der Bewegungen und die Rückkehr in den frühern Zustand bei jedem einzelnen Gliedstücke erfordern. (Vgl. §. 28. 35. 46.) Dieses Theorem erläutert nicht nur, weshalb ein Theil der Rippen knorpelig bleibt, aus welchem Grunde sie sowohl, als das Brustbein keine so hohen Werthe in der Skale der Aschenbestandtheile erreichen, sondern warum die stärkern Wirbelkörper und die Kniescheibe die letztere beginnen. Wie wir später sehen werden, haben die meisten Wirbel unseres Organismus vermöge ihrer knorpeligen und bandartigen Zwischenmassen elastische Unterlagen. Indem aber der schwammigte Wirbelkörper das mögliche Maximum von Knochenknorpel beibehält, repräsentirt er noch gleichsam jene Eigenthümlichkeit der Springkraft selbst als ossificirtes Stück, so weit es mit der nothwendigen Vermehrung seiner absoluten Festigkeit verträglich ist. Aehnliche Gründe gelten für die Kniescheibe, welche den von dem Rectus femoris, den Vastis und dem Cruralis ausgeübten Zug auf das Ligamentum patellae fortpflanzen und sich den Biegungen des Kniegelenkes anpassen muß.

Wie wir schon in der allgemeinen Physiologie (§. 46.) sahen, macht eine zu große Menge von Aschenbestandtheilen den Knochen zu spröde, ein zu bedeutender relativer Ueberschuß des Knochenknorpels dagegen zu weich und nachgiebig. Alte Leute, bei welchen das erstere Statt findet, erleiden daher sehr leicht Knochenbrüche. Ihre Knochensubstanz ist nicht mehr geeignet, Stöße, welche sie treffen, so aufzunehmen und fortzupflanzen, daß keine Trennung der Continuität Statt findet. Der größten Gefahr bleibt der dünne Oberschenkelhals ausgesetzt. Bei Osteomalacie dagegen verliert der Knochen zuletzt selbst den Grad von Festigkeit, welchen der entgegenstrebende Zug mehrerer Muskelgruppen voraussetzt. Auf diese Weise bricht dann schon häufig ein Knochen bei dem bloßen Umwenden im Bette. Die Gestalten der einzelnen Skeletttheile werden dergestalt verbogen, daß sich Oeffnungen verengern, ihre runden Umgrenzungen in längliche übergehen, sonst grade Knochen gekrümmt erscheinen u. dgl. mehr. Aehnliche, jedoch in den

untergeordneten Verhältnissen abweichende Veränderungen treten auch allmählig bei Rhachitis hervor.

736 Die äußern Formen der einzelnen Skeletttheile hängen auf das Genaueste mit den verschiedenartigen Hebelwirkungen derselben zusammen. Je specieller wir die Mechanik eines Theiles unseres Körpers durchschauen, um so mehr überzeugen wir uns, daß die Gestalt eines Knochens bis auf seine kleinsten Vorsprünge nicht anders, als wir sie wahrhaft finden, sein konnte. Ueberdies aber sind auch noch außer diesem Utilitätsprincipe die ästhetischen Forderungen möglichst berücksichtigt worden, wie jeder, welcher die erste Abneigung vor einem menschlichen Skelette überwunden, leicht wahrnehmen wird.

737 Zuvörderst bildet jede irgend ausgedehntere Oberfläche eines Knochens oder Knorpels keine gerade Ebene, sondern eine kreisförmige oder eine sonstige krummlinigte Fläche. Hierdurch werden bei gehöriger Berechnung des Ganzen zwei Vortheile erreicht. Die Skeletttheile erhalten so einerseits für dieselbe Masse und Härte eine geringere Verletzbarkeit, als wenn sie eben und geradwinkligt begränzt wären. Anderseits wird aber auf diese Weise eine größere Menge von Ansatzpunkten für Muskel-, Sehnen- und Bandfasern gewonnen. Betrachten wir die einzelnen Knochen, so finden wir zunächst, daß diejenigen, welche für sich keine bedeutenden Drehbewegungen um ihre Längen- oder Querachse vorzunehmen haben, von Gestalt platter sind. Hierher gehören z. B. die Schädel- und Gesichtsknochen, das Schulterblatt, die Rippen, das Brustbein, die Beckenknochen. Durch ihre Abplattung können sie dann entweder, wie die Schädelknochen, das Brustbein, ein größeres Raumstück beschützen, oder, wie das Schulterblatt und die Beckenknochen, einer bedeutenderen Menge von Muskelfasern Ansatzpunkte gewähren. Die freie Oberfläche ist unter diesen Verhältnissen auf Kosten des körperlichen Inhaltes begünstigt. Sollen aber solche Knochen zu gleicher Zeit einen größern Widerstand leisten, so nehmen sie an Dicke zu. Aus diesem Grunde bleiben z. B. die Gesichtsknochen und zum Theil das Schulterblatt so dünn, während die Schädelknochen, der Unterkiefer, die Rippen, das Brustbein und die Beckenstücke proportionell voluminöser ausfallen. Es ergiebt sich übrigens aus demjenigen, was schon früher über den Werth der Aschenbestandtheile bemerkt worden, von selbst, daß ein Theil des Volumens durch einen größeren Reichthum von feuerbeständigen Elementen überhaupt, oder durch ein Ueberwiegen der Rinden- über die Marksubstanz ersetzt zu werden vermag. Dieses sehen wir z. B., wenn wir das dünnere, aber festere Scheitelbein mit dem nur wenig dickeren Brustbeine, oder dem noch stärkern Darmbeine vergleichen.

738 Die cylindrische Form ist natürlich für Knochen, die einerseits bei ihrer Bewegung große Bogenstücke beschreiben und sich anderseits in manchen Fällen in bedeutenderem Maaße um ihre Querachse drehen sollten, die passendste. Sie eignet sich auch am besten für solche Gebilde, welche als kurze Hebel mit bedeutender Kraft wirken müssen. Das letztere Moment bestimmt vorzüglich den rundlichen Querschnitt des Schlüsselbeines, während die ersteren Verhältnisse bei den Knochen des Ober- und Vorder-

armes, des Ober- und Unterschenkels vorzugsweise hervortreten. Vergleichen wir aber diese letzteren unter einander, so sehen wir, daß selbst ihre Specialformen nach allgemeineren Gesetzen der Festigkeit genau berechnet sind. Der Querschnitt des als einfacher Knochen so sehr belasteten Oberschenkels nähert sich am meisten der Kreisgestalt. Nächst ihm kommt in dieser Beziehung der Oberarm. In geringerem Grade ist dieses schon bei dem Radius, noch weniger bei der Ulna der Fall. Die Fibula dagegen bietet schon bedeutende Ecken dar, und die Tibia zeigt sich vorn und außen fast vollkommen geradkantig. Die letztere bricht auch daher in Verhältniß zur Größe ihrer Masse sehr leicht. Tritt hingegen die Drehung um die Querachse zurück, während noch bedeutende Bewegungsexcursionen in der Richtung der Längenachse zu Stande kommen, so können die langen Knochen platter werden und dadurch den Vortheil darbieten, daß sie noch andere zweckmäßige Nebenbedingungen erfüllen. Dieses sehen wir am deutlichsten an den Phalangen der Finger. Ihr Querschnitt hat die Neigung, eine elliptische Gestalt anzunehmen. Dieses tritt an der Rückenseite ziemlich rein hervor. An der Volarfläche dagegen wird die Begrenzungsebene concav, um auf diese Weise für die Sehnen der Fingerbeuger und die Theile, in welchen sie spielen, sichrere Leitungswege zu bereiten. An dem Mittelhandknochen, wo ein solcher Zweck wiederum hinwegfällt, werden auch die Querschnitte rundlicher, an einzelnen Stellen kreisförmiger, an andern elliptischer. Dasselbe findet bei den Metacarpusknochen Statt. Die Phalangen der Zehen dagegen zeigen zwar ähnliche Verhältnisse, wie die der Finger; sie treten aber in geringerem Maaße hervor, weil hier das Spiel der Beugesehnen auf weniger mannigfache Weise in Anspruch genommen wird.

Knochen, die als einfaches Piedestal dienen sollen, haben mehr 739
oder minder gleiche Querachsen, sofern nicht andere Zwecke ihre Gestalt modificiren. Dieses sehen wir z. B. am deutlichsten an den Wirbelkörpern. Wir finden nämlich in der Wirbelsäule bis zur Gegend des Promontorium eine Art von Stativ, welches sich nach oben, sowie die seitlich angeheftete Last abnimmt, verjüngt. Damit es jedoch nicht seiner ganzen Länge nach steif bleibe oder höchstens nur so viel, als seine Elasticität zugeben könnte, gebogen werde, besteht es aus einer Reihe successiver Wirbelstücke, deren Körper für jene Unterstützungsthätigkeit die vorzüglichste Rolle übernehmen. Sie bilden daher gewissermaßen Klötze mit rundlichen Querschnitten nnd mäßig bedeutenden Höhen, welche über dem breiteren und starken Kreuzbeine aufgeschichtet sind. Am Fuße erscheinen das Fersenbein und das Sprungbein als ähnliche Klotzstücke. Allein ihre Detailsformen ändern sich schon mehr nach ihren einzelnen Bestimmungen. Der Astragalus hat in seinem Körper die Gestalt eines rundlichen Pflockes, erhält aber nach vorn seinen Hals und Kopf, um sich mit dem Os naviculare zu verbinden und zur Erzeugung des Sinus tarsi beizutragen. Das Fersenbein dagegen muß häufig, wie wir in der Folge sehen werden, die Rolle eines zweiarmigen Hebels, welcher sich um das Fußgelenk dreht, übernehmen. Aus dieser Ursache vergrößert sich seine Längenachse auf Ko-

sten seiner queren Durchmesser in bedeutendem Maaße. Deshalb geht sein Tuber calcanei so weit nach hinten hinaus, während sich sein vorderer Fortsatz zu dem Os cuboideum hinzieht, um sich mit diesem einzulenken.

740 Die übrigen Knochen der Fußwurzel, sowie die des Carpus, dienen zwar in der Regel zu keinen Piedestalen von Theilen, die unmittelbar auf ihnen ruhen. Allein ihre anderweitige Bestimmung bedingt es, daß sie ebenfalls mehr oder minder massige Stücke von gleichförmigern Dimensionen bilden. Wenn sie auch sowohl an der Hand, als an dem Fuße gegenseitig, und mit andern benachbarten Knochen eingelenkt sind, so hat diese Verbindung doch nicht den Zweck, eine freiere Beweglichkeit zwischen ihnen selbst einzuleiten. Jene Knochen sollen vielmehr in ihrer Totalität ein fixeres Zwischenstück bilden, welches nicht steif und aus einem Gusse gearbeitet ist, sondern denjenigen Grad von gegenseitiger Verschiebung, den die Bewegungen der Hand und des Fußes voraussetzen, gestatten. Die Carpus- und Fußknochen bilden daher wechselseitig verbundene Keilstücke, welche unter einander fester, als die meisten anderen Knochen vereinigt sind. Auch darin stimmen beide überein, daß ihre Dorsalflächen ebener, als ihre Volar- und Palmarflächen sind, weil längs dieser letztern Sehnen und zum Theil Muskeln, die complicirterer Leitungsapparate bedürfen, dahingehen. Da aber die Bewegungen des Fußes beschränkter als die der Hand sind, so erscheinen auch die Tarsusknochen im Ganzen einfacher und bieten weniger gegenseitige Gelenke als die Carpusknochen dar. Dafür sind sie als Theile, welche größere Lasten bewegen müssen, stärker und fester eingekeilt und haben, indem sie eine Art von Kuppelgewölbe bilden, oben größere Querdurchmesser als unten.

741 Die langen Röhrenknochen unserer Extremitäten verdicken sich nach ihren beiderseitigen Gelenkenden hin. Die letzteren bleiben hierbei entweder kugelig, wie z. B. an dem Kopfe des Oberschenkels und zum Theil des Oberarmbeines, oder erscheinen wie aufgesetzte flache Kreisstücke, wie an dem obern Ende des Radius, dem untern der Ulna und zum Theil dem Köpfchen der Fibula, oder sie haben eine mehr dreikantige Form, wie an dem obern Theile der Ulna, dem untern des Radius, der Tibia und zum Theil der Fibula, oder endlich sie erscheinen von vorn nach hinten zusammengedrückt, wie an dem untern Gelenkstücke des Oberschenkels und dem obern des Schienbeines. Diese Eigenthümlichkeit kehrt auch an vielen anderen Knochen wieder. So z. B. am Schlüsselbein, dem Schulterblatt, den Rippen u. dgl. Selbst die concave Aushöhlung der Wirbelkörper gehört zum Theil hierher. Eine solche Einrichtung aber gewährt mehrfache Vortheile.

1) Werden dadurch ausgedehntere Verbindungs- oder Gelenkflächen gewonnen. Dieser Zweck tritt, wie es scheint, bei den Wirbeln vorzugsweise in den Vordergrund. Indem jedoch die Mittelstücke des Körpers derselben geringere Querschnitte darbieten, wird zugleich ohne sonstigen Schaden der Sicherheit des Piedestals an Knochenmasse gespart, und daher die Wirbelsäule leichter gemacht. An dem Ellenbogengelenke kann sich der Humerus vermöge dieser Anordnung mit Radius und Ulna zugleich beweglich verbinden. Ueberall ruhen dann die mobiler mit einander vereinigten

Knochen feſter auf einander, ſobald ihre Unterſtützungsflächen eine größere Ausdehnung erhalten.

2) In beweglicheren Gelenken wird dadurch die Möglichkeit der Größe der Excurſion der Bewegung erhöht. Denn in einem verdicktern Gelenkkopfe findet ſich eine größere Reihe von Punkten, welche mit einer Stelle der andern Gelenkfläche in momentane (mittelbare) Berührung zu treten vermag.

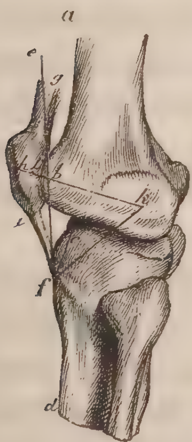
3) Endlich erhalten hierdurch die Muskeln und Sehnen einen weſentlichen Vortheil. Wie wir bei dieſen ſehen werden, können ſie mit einem um ſo geringeren Verluſte von Kraft wirken, je mehr ſich ihr Anſatzwinkel einem rechten nähert, je weniger ſpitz derſelbe mithin ausfällt. Geſetzt nun, a (Fig. 30) ſei das angeſchwollene Gelenkende eines Knochens, z. B. des Oberarmes, ſo muß eine Mukel- oder Sehnenfaſer d b des Deltoideus um daſſelbe herumgehen, um ſich an b anzuheften. Fehlte die Endverdickung und ginge die Seitenbegrenzung in der Linie c b fort, ſo könnte die Faſer entweder dicht an c b ſelbſt oder höchſtens in der Richtung d b verlaufen. Immerhin aber wäre, wenn f den Drehpunkt bildet, der Winkel f b e kleiner als f b d.

Fig. 30.



Ginge der Vortheil eines minder ſchiefen Anſatzes von Muskel-, Seh- 742
nen- oder Bandfaſern vermöge der Abplattung von Knochenenden verloren, ſo benutzt die Natur Zwiſchenſtücke oder Fortſätze, um dieſen Uebelſtand auszugleichen. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Kniegelenke. Die Condyli des Oberſchenkels und die Gelenkanſchwellungen der Tibia und Fibula bieten zwar hinreichende Krümmungsflächen für die über ſie hinweggehenden ſeitlichen Bewegungsorgane dar. Sie gewähren jedoch den an der Vorderfläche liegenden Streckern des Unterſchenkels keinen Nutzen der Art. Gerade dieſe Muskeln aber haben zur Aufgabe, bei dem Stehen, Gehen u. dgl. größeren Laſten das Gleichgewicht zu halten, oder dieſelben ſogar mittelbar fortzuſchaffen. Es wird daher als Compenſation die Kniescheibe eingeſchaltet. Die ſehnigten Ausläufer der Extenſoren des Unterſchenkels, des Rectus femoris, der beiden Vaſti und des Cruralis heften ſich an ihre obere Fläche, während von ihrer unteren Spitze das Ligamentum patellae abgeht, um ſich an die Tuberoſitas tibiae anzufügen. Denken wir uns z. B., daß a b die Begrenzungslinie des untern Endes des Oberſchenkel-, c d die des Schienbeines ſei, ſo könnten die Faſern der Oberſchenkelſtrecker nur in der Richtung e f hinabgehen und mit ihrem ſehnigten Anſatze den Winkel e f c bilden. Dadurch aber, daß die Kniescheibe h eingeſchaltet worden und daß ſich die Sehne der Extenſoren g an ſie anſetzt, vermag das Kniescheibenband i f, welches ihre Wirkungen wiedergiebt, unter dem größern Winkel i f c die Tibia anzugreifen. Es geht hier-

Fig. 31.

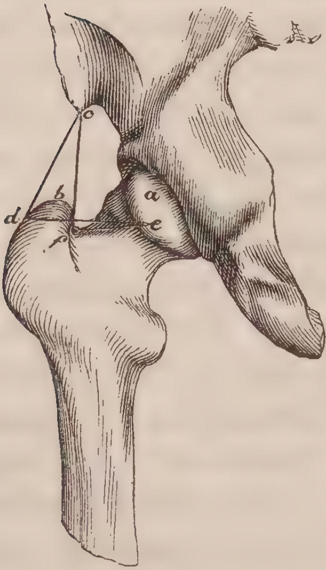


nach viel weniger Kraft der Strecker unnütz verloren, als wenn die Kniescheibe mangelte. Einen ähnlichen Nutzen haben die Sesambeinchen der Hand für die Bewegungen des Daumens und manche Knochenfortsätze, die gleichsam als angewachsene Einschaltungsstücke zu betrachten sind.

743 Die Natur erzielt aber durch die Anwesenheit der Kniescheibe noch eine andere Erleichterung der mechanischen Verhältnisse. Denken wir uns z. B., daß sich das Kniegelenk bei seinen Beugungen und Streckungen um den Punkt k dreht, so würden die Strecker des Unterschenkels bei ihrer Thätigkeit, wenn keine Kniescheibe existirte, z. B. auf den Hebelarm $kf = kl$ Fig. 31 wirken. Inseriren sie sich dagegen an die Kniescheibe bei e, so wird dadurch der Hebel zu $kh > kl$. Nennen wir die Kraftgröße der Muskeln v, so wird das mechanische Moment des erstern Falles $= m = v \times kl$ und das des letztern $= n = v \times kh$ sein. Es wird sich daher $m : n = kl : kh$ verhalten, d. h. dieselbe Kraftgröße wird um so stärkere Effecte bedingen, je mehr sich der Hebelarm verlängert hat. Ganz denselben Vortheil gewährt z. B. das Olecranon mit dem obern Theile der Ellenbogenröhre. Existirte es nicht, so würde der Strecker des Vorderarmes mit einem weit kürzern Hebel auf den Drehpunkt des Ellenbogengelenkes wirken und mit derselben Kraft geringere Effecte hervorbringen.

Noch bedeutender greift das Verhältniß bei dem größern Rollhügel des Oberschenkels ein. Gesetzt, a sei der Kopf des Femur, b der Trochanter major, cd eine Faser des Glutaeus medius, welche sich an ihn ansetzt, und dem Punkte e entspreche im Innern der Drehpunkt des Hüftgelenkes, so wird derselbe von der Faser cd mit dem Hebel de angegriffen. Fehlte dagegen der große Rollhügel, so würde sich der Hebel de bis fe verkürzen, ohne daß nothwendig die bedeutendere Annährung des Winkels cfe zu einem Rechten eine genügende Compensation liefern brauchte. Denken wir uns nun die Last in e concentrirt, so wird dieselbe Kraft bei f kleinere Wirkungen, als bei d ausüben. Man sieht aber leicht, daß sich ähnliche Deductionen in Betreff vieler anderen Vorsprünge, Erhabenheiten u. dgl. des Skelettes machen ließen. Die Bildung der als Handhaben wirkenden Processus spinosi und transversi der Wirbel z. B., das Hervorteten des Körpers des Fersenbeines nach hinten u. dgl. bezwecken ebenfalls, daß der Angriffspunkt des Hebelarmes entfernter von dem Drehpunkte des Gelenkes gelegt werde.

Fig. 32.



744 Auf dasselbe Princip lassen sich die meisten Hervorragungen und scharfen Kanten, an welche sich rotirende Muskeln anheften, zurückführen. Nehmen wir an, abec (Fig. 33) sei die kreisförmige Peripherie eines Knochens, der sich um seine mittlere Längenachse in d drehen soll, so wird, wenn die Kraft bei e angebracht ist, de den wirkenden Hebelarm darstellen. Besitzt aber der Knochen an dieser Stelle einen Auswuchs gfh,

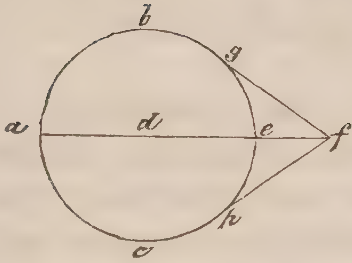


Fig. 33.

so daß der Angriffspunkt in f fällt, so verwandelt sich der Hebelarm in df, und es wird zur Erzielung desselben Effectes um so weniger Kraft erfordert, je mehr df die frühere Linie de an Größe übertrifft. Die Verhältnisse des obern Theiles des Humerus z. B. erläutern sich hiernach auf einfache Weise. Wir haben hier zunächst ein Tuberculum majus und ein Tuberculum minus. An das erstere heften sich der Supraspinatus, Infraspinatus und Teres minor; an das letztere der Subscapularis. Alle diese Muskeln erzeugen Rollbewegungen des Armes und erleichtern sich ihre Arbeit je nach der Größe ihrer Höcker, an welche sie sich anfügen. An die Spina tuberculi minoris treten die Enden zum Theil des Subscapularis, Coracobrachialis, Teres major und Latissimus dorsi, deren Thätigkeit ebenfalls mit größern oder geringern Rotationsbewegungen verbunden ist, bei denen diese aber mit Ausnahme des Subscapularis und des Teres major nicht als vorherrschende Functionen erscheinen. Der Pectoralis major, welcher in die letztere Kategorie gehört, sucht die Spina tuberculi minoris. Natürlicher Weise liefern auch solche Höcker mehr Ansatzpunkte, als die Ebene, welche durch sie hindurchgeht.

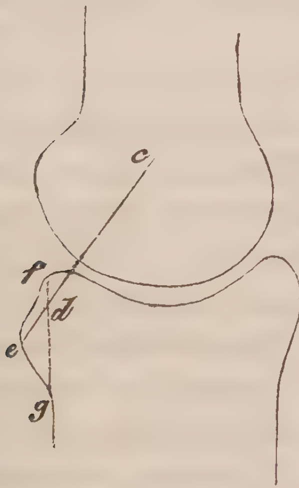


Fig. 34.

Auch für Drehungen um die Längenachse bleibt 745
dieses Grundverhältniß anwendbar. Gesetzt, c (Fig. 34) sei der Punkt, um welchen sich ein Gelenk bei seiner Flexion oder Extension dreht, so würde ein Muskel, der sich bei d ansetzt, nur mit dem Hebel cd wirken. Wenn dagegen an der Stelle des Angriffspunktes ein Höcker feg vorhanden ist, so verlängert sich dadurch der angreifende Hebel zu ce. Ein anschauliches Beispiel hierfür giebt uns z. B. die Anheftung des Ligamentum patellae an die Tuberositas tibiae. Verbindet sich mit der einfachen Beugung oder Streckung ein bedeutender Grad von Rotation, so wird der Vorsprung nicht selten verhältnißmäßig größer. Einen Beleg hierfür liefert uns z. B. die Tuberositas radii mit ihrem Ansatze des Biceps brachii. Da übrigens die meisten freiere Bewegungen bedingenden Muskeln mehr oder minder in eine der genannten Kategorien gehören, so erklärt sich hieraus, weshalb die Knochen so häufig an den Ansügungen derselben Kanten, Höcker und ähnliche Bildungen darbieten.

Eine Ansicht, die vorzüglich in früherer Zeit sehr verbreitet war und noch gegenwärtig bisweilen wiederhallt, besteht darin, daß man annimmt, die Wirkung der Muskeln selbst ziehe an ihren Angriffspunkten die dort befindlichen Unebenheiten hervor. Es bedarf kaum der Bemerkung, daß eine solche Vorstellung, sobald sie rein mechanisch genommen wird, unstatthaft ist. Der Knochen bildet keinen halbweichen Körper, bei welchem die Folgen des Zuges Fortsätze hervorlockte, die etwa später erstarren. Es kann daher hierbei höchstens an Ernährungsmetamorphosen gedacht werden, indem man sich vorstellt, daß sich an dem Ansatze ossificirender Knorpel erzeugt, oder daß die weichen Anheftungs-

theile selbst auf irgend eine Art verknöchern. Allein auch diese modificirte Vorstellungsweise entspricht nicht den allgemeineren Verhältnissen. Denn nicht alle Angriffspunkte der Muskeln und Sehnen bilden Erhöhungen. Wir haben z. B. am Digastricus maxillae inferioris, Pterygoideus internus, Masseter einzelne Ausnahmen hiervon.

746 Knochenvertiefungen können natürlicher Weise mehr Oberfläche darbieten und eine größere Anzahl von Muskelfasern aufnehmen. Solche Stellen eignen sich daher gut zu Ausgangspunkten von Muskeln. Wir sehen deshalb auch, daß die Natur Rinnen und Aushöhlungen, welche zwischen andern Höckern übrig bleiben, Concavitäten, welche in Folge der Conformation der Knochen gebildet sind, zu diesen Zwecken benutzt, oder einzelne Theile mit größerer Sicherheit durch sie hindurchgehen läßt. So z. B. entspringt der Digastricus mit seinem hintern Bauche aus der Incisura mastoidea, der Iliacus internus von der innern Fläche des Hüftbeines, während der lange Kopf des Biceps brachii mit seiner Sehne an dem Sulcus intertubercularis des Oberarmes eine gesichertere Lage erhält. Bei Muskeln, die verhältnißmäßig sehr großer Kraftanstrengungen fähig sein sollen, wo also eine möglichste Vermehrung der Zahl der Muskelfasern von Wichtigkeit ist, graben sich sogar Vertiefungen ein. Auf diese Weise entsteht dann bei dem Menschen und noch deutlicher bei den stark beißenden Säugethieren die Fossa temporalis. Bei dem Pferde existirt für den äußern Kopf des Gastrocnemius eine sehr starke längliche Grube, welche fast einen Halbkreis bildet und auf diese Weise die Querlinie der disponiblen Ansatzpunkte der Muskelfasern ungefähr um die Hälfte vergrößert.

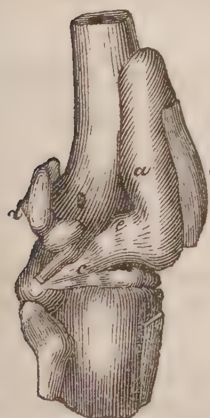
747 Betrachten wir nun die Art und Weise, wie sich die Knochen in den **Gelenken** mit einander vereinigen, so finden wir auch in dieser Beziehung das größte Ideal mechanischer Einrichtungen. Wenn wir einen Hebel um seinen Drehpunkt oder um einen andern Hebel laufen lassen, so können wir eine größere oder geringere Reibung nie vermeiden. Diese hat aber nicht nur den Nachtheil, daß ein Quantum Kraft zur Ueberwindung der Friction aufgezehrt wird, und die letztere sich mit zunehmendem Drucke vergrößert, sondern daß überhaupt die Bewegung selbst mehr oder minder ungleichförmig ausfällt. Alle diese Uebelstände hat die Natur fast gänzlich eliminirt. Wir sahen schon früher (§. 48), daß die Synovia vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Schlüpfrigkeit ein sehr geeignetes Mittel bildet, um ein leichtes Dahingleiten zu erzeugen, und die Knochen in den Gelenken, welche innerhalb ihrer luftdicht geschlossenen Wandungen außer der Synovia und den etwa vorhandenen festen oder halbfesten Gebilden nichts enthalten, schon durch den Druck der Atmosphäre zusammengehalten werden (§. 64). Verfolgen wir nun diese Verhältnisse weiter, so finden wir, daß jedes Gelenk durch seine Bänder genau eingestellt ist, daß aber immer im gesunden Zustande Synovia genug existirt, um nicht nur alle Zwischenräume auszufüllen, sondern auch die einzelnen Knorpelüberzüge der Knochen von einander in geringem Grade zu entfernen. Streng genommen reiben sich die letzteren bei allen Bewegungen nicht unmittelbar an einander, sondern gegen eine Zwischenschicht von Gelenkschmiere, welche sich sogleich allen neu entstehenden Lücken und Aus-

buchtungen anpaßt. Das Minimum von Friction, welches bei dieser Einrichtung zu Stande kommen kann, ist dasjenige, welches etwa zwischen den so sehr geglätteten Knorpelflächen und der so äußerst schlüpfrigen Synovia besteht. Hiernach kann es uns nicht wundern, daß z. B. die Reibung in dem Ellenbogengelenke des Erwachsenen bei der Streckung des Vorderarmes noch lange kein Gramm beträgt, während ein Hebel, der um eine polirte Stahlaxe läuft, bei einer Belastung von 20 — 30 Grm. schon leicht eine Friction von 2 — 3 Grm. ergiebt. Diese Größe der Reibung aber würde in den Gelenken wesentliche Hindernisse erzeugen. Wie leicht hierdurch alle Bewegungen überhaupt unmöglich werden, sehen wir z. B. bei den Gichtablagerungen, bei Eiter und Jauchedepositis, welche krankhafter Weise in ihnen vorkommen.

In dem normalen Körper ist überall, wo sich zwei Knochen gegen einander bewegen, ein Gelenk mit den eben erwähnten allgemeinen Vorrichtungen angebracht. Wenn sich aber krankhafter Weise zwei Knochenstücke gegen einander reiben, so schleifen sie sich entweder gegenseitig ab, oder es erzeugt sich sogar ein vollständiges abnormes Gelenk. Wird z. B. bei einem Menschen in Folge von freiwilligem Hinken der ausgerenkte Oberschenkelkopf auf die äußere Fläche des Hüftbeines getrieben, so bildet sich hier nach und nach eine glatte, oft mit einem Knochenwall umgebene Vertiefung, während der reibende Theil des Oberschenkelkopfes platt wird und sich gleichsam abnutzt. Die alte nicht mehr gebrauchte Pfanne dagegen verkleinert sich nicht nur, sondern wird höckerig und uneben. Der Trochanter minor vergrößert sich bisweilen wegen der mehr in Thätigkeit gesetzten Glutaei medius und minimus auf eine auffallende Weise. Der Schenkelhals dagegen nimmt an Länge ab. Umgekehrt sehen wir bei Anchylose des Hüftgelenkes, daß dann eher die Rollhügel den Umfang verlieren. Existirt z. B. eine angeborene Spaltung des Körpers des Atlas, so bildet sich auch hier ein vollständiges Gelenk, sobald sich die Spaltungsstücke wider einander reiben. Bei Spina bifida dagegen, wo sie entfernter von einander stehen, findet etwas der Art nicht Statt.

Die in den Gelenken vorhandene Synovia dient aber nicht bloß, um 748
die gegenseitige Reibung zwischen den Knorpelüberzügen der Knochen, sondern auch um die anderer weicherer Theile gegen dieselben auf ihr Minimum zurückzuführen. Faserknorpelscheiben, Bandgebilde, Sehnen, welche durch ein Gelenk hindurchgehen, werden von Fortsetzungen der Synovialhaut bekleidet. Zwischen ihnen und dem entsprechenden Knorpelüberzuge, in welchem sie laufen, befinden sich nach Verschiedenheit der Verhältnisse variable Lagen von Synovia, um die Friction fast auf Null zu reduciren und zu gleicher Zeit die Abnutzung der Weichgebilde bei öfterem Gebrauche unmöglich zu machen. Diese Verhältnisse dehnen sich bisweilen sogar nicht bloß auf Gebilde, welche durch das Gelenk gehen, sondern auch auf solche, die nur in der Nähe desselben hin- und herlaufen, aus. Durchbohrt man z. B. das Kniegelenk und füllt die Synovialhaut desselben vermittelst der so gemachten Oeffnung mit einer erstarrenden Masse aus, so sieht man, daß beutelförmige blindsackartige Verlängerungen derselben zwischen den bedeutenderen Sehnen und Bändern, welche sich in der Nähe vorfinden, hinziehen. Ein solcher Sack a, Fig. 35, geht weit an dem Oberschenkel hinauf, um die Reibung der Sehne b, der Strecker des Kniegelenkes (Rectus femoris, Vastus externus, Vastus

Fig. 35.



internis und cruralis) gegen den Knochen zu verhüten. Zu gleichem Zwecke existirt ein zweiter Fortsatz c zwischen der Sehne des Popliteus und der anliegenden Cartilago semilunaris externa und ein dritter d zwischen jener ersteren und dem Ligamentum laterale externum (W. u. Ed. Weber)[1].

749 An der Synovialhaut unterscheiden wir den anatomischen Verhältnissen nach zwei Theile. Der eine erstreckt sich längs der Knorpelüberzüge der Knochen und der Faserscheiben oder ähnlicher Gebilde, welche etwa noch in dem Gelenke vorhanden sind. Der andere bekleidet die übrigen Wände des letzteren und bildet die eben erwähnten Nebensäcke. Diese zweite Parthie stößt an weichere und blutgefäßreichere Organe, empfängt daher auch mehr Blut und erhält dadurch, daß sie Nebenbeutel oder, wie dieses bisweilen vorkommt, kleine Aussackungen (Fig. 35 e) oder Falten bildet, eine größere Absonderungsfläche. Sie eignet sich daher vorzugsweise zur Bereitung der Synovia. Die Abtheilung dagegen, welche die Knorpelüberzüge deckt, ist fast eben so arm an Gefäßen, als die Theile, welche sie überzieht.

750 Auf den ersten Blick hat es den Anschein, als würden die Knochen in den Gelenken vermittelst der Synovialhäute, der Kapselmembranen und vorzüglich der Bänder aufgehängt. Wir haben aber schon früher (§. 48) angeführt, daß dieses nicht der Fall ist. Alle Gelenkhäute schließen die Höhlung des Gelenkes hermetisch ab. Hiernach muß die Atmosphäre, indem sie auf die Knochen oder vielmehr auf die sie umhüllenden Weichgebilde drückt, die Gelenktheile gegen einander zu bringen suchen. Nennen wir die Oberfläche des Gelenkes a und den Barometerstand b, beide in Centimetern ausgedrückt, so beträgt das Gewicht, mit welchem die Knochen in dem Gelenke an einander geführt werden, 13,598 ab Grm.[2]) Wir haben aber schon früher bei Gelegenheit der atmophärischen Verhältnisse kennen gelernt, daß hierbei z. B. in Betreff des Hüftgelenkes des Erwachsenen ungefähr ein eben so starkes Gewicht herauskommt, als die Last der unteren Extremität beträgt. Für den Oberarm, dessen Gelenkkopf etwas kleiner ist, als der des Oberschenkels, gilt das Gleiche, weil das Gewicht der oberen Extremität geringer als das der unteren ausfällt. Wahrscheinlich findet aber sogar dieser Satz nicht nur auf alle Knochen von beiderlei Extremitäten, sondern auch auf die Rippen und andere Theile seine Anwendung. Der Wechsel des Barometerstandes erzeugt hier nur untergeordnete Unterschiede, da er bloß in einfachem, der Durchmesser der Gelenke dagegen in quadratischem Verhältnisse einwirkt.

Eine solche Einrichtung gewährt aber einen doppelten Vortheil. Einerseits nämlich regulirt sie die schon erwähnte Vertheilung der Synovia und bewirkt, daß diese jeden Raum, welcher bei der Bewegung eines Gelenkes

---

1) Siehe das ausgezeichnete Werk: Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Eine anatomisch-physiologische Untersuchung. Göttingen. 1836. 8. S. 196. Taf. VII. Fig. 3.

2) Diese Rechnung beruht auf der schon früher erwähnten Eigenthümlichkeit, daß 1 Cubikcentimeter Wasser 1 Grm. wiegt. Das spec. Gewicht des Quecksilbers ist dabei zu 13,598 angenommen, während man die Temperaturcorrection außer Acht läßt.

disponibel wird, sogleich ausfüllt, ganz wie dieses in Betreff der Flüssigkeiten der serösen Häute der Fall ist (§. 63). Anderseits werden durch diese Verhältnisse die Knochen, was ihre Aufhängung, nicht aber ihre Bewegung betrifft, zu mathematischen Hebeln, d. h. zu solchen, welche nicht durch ihre Schwere einen besonderen Theil von Kraftwirkung in Anspruch nehmen.

Um die eben erwähnte Einwirkung des atmosphärischen Druckes auf die Gelenke darzuthun, haben W. und Ed. Weber [1]) eine Reihe von Versuchen angegeben, von deren Richtigkeit man sich bei Wiederholung derselben leicht überzeugen kann. Schneidet man bei einer Leiche alle Weichgebilde, die das Hüftgelenk bedecken, ohne daß die Synovialhaut der letzteren verletzt wird, durch, so bleibt das Bein am Becken ungestört hängen und sinkt nicht herab, sondern behält noch dieselbe Länge, wie die andere Extremität, an welcher gar nichts vorgenommen worden, bei. Der Grund hiervon liegt darin, daß die Atmosphäre den Schenkelkopf bei Integrität des Gelenkes ungestört gegen die Pfanne andrückt. Bohrt man aber die letztere von dem Becken aus an, so daß Luft mit deutlich hörbarem Zischen in das Gelenk eindringt, so verlängert sich die Extremität, indem der Schenkelkopf aus der Pfanne heraussinkt. Bringt man ihn wieder in diese zurück, während ein Gehilfe gleichzeitig nur die Luft austreten läßt und dann das verfertigte Loch mit dem Finger fest zuhält, so kehrt die alte dichte Anheftung wieder. Hat man den Oberschenkel unmittelbar unter den Rollhügeln abgeschnitten und bringt das Ganze unter den Recipienten der Luftpumpe, so hebt sich der Schenkelkopf, sowie die Atmosphäre verdünnt wird, und fällt im umgekehrten Falle wieder heraus. Hierbei können alle Theile, welche nur nicht zu dem luftdichten Verschlusse unerläßlich sind, entfernt oder durchschnitten sein, ohne daß sich das Resultat ändert. An dem Schultergelenke gelingen dieselben Versuche, sobald man nur die durchgehende Sehne des langen Kopfes des Biceps berücksichtigt. Ueberhaupt hört man das zischende Einschießen der Atmosphäre an jedem irgend größeren Gelenke unseres Körpers bei Verletzung der Kapsel und der Synovialhaut sehr deutlich.

Um den Druck zu mäßigen, bedient sich die Natur in den Gelenken 751
zweierlei Mittel, von denen das eine, nämlich das Fett, auf bloße Elasticität, das andere, Faserknorpelscheiben, auf diese und Festigkeit berechnet ist. Beide können, wie z. B. das Kniegelenk am deutlichsten zeigt, unmittelbar neben einander vorkommen. In den Falten der Synovialhäute oder hinter denselben finden sich häufig Fettanhäufungen, die man mit dem unpassenden Namen der Havers'schen Drüsen in der Anatomie zu bezeichnen pflegt. Sie wirken in der Form eines elastischen Polsters, welches durch seine Weichheit und Nachgiebigkeit den Druck mildert, oder durch seine Verschiebbarkeit das Dahingleiten erleichtert. Vielseitiger dagegen erscheinen die Effecte der Faserknorpelscheiben im Innern der Gelenke. Sie bilden Einschaltungsstücke, die zwar vermöge ihrer Elasticität dem Drucke weniger als das weichere Fett nachgeben, ihn aber dafür auf größere Oberflächen des Gelenkes vertheilen. Auf diese Weise verhüten sie, daß er nur einzelne, ohne sie vorzugsweise bedrohte Punkte ausschließlich trifft. Zu gleicher Zeit dämpfen sie gleich dem Fette Erschütterungen, welche sich sonst mit Heftigkeit von einem Knochen durch das Gelenk hindurch auf einen anderen fortpflanzen würden, und können selbst in Einzelfällen zur Beschränkung und berechneten Verminderung der Bewegungen der Knorpel-

[1]) a. a. O. S. 147.

überzüge beitragen. Aus diesen Ursachen finden wir daher solche Gebilde in denjenigen Gelenken, welche vorzugsweise nach Einer Richtung bewegt werden und große Kraftanstrengungen auszuhalten haben, wie z. B. in dem Unterkiefer=, dem Brust=, Schlüsselbein=, Kniegelenke u. dgl.

752 Jede einzelne Artikulation ist so eingerichtet, daß ihr ein bestimmter ihrem Zwecke entsprechender Excursionsbezirk möglicher Bewegungsgröße zugewiesen worden. Diese letztere zeigt sich aber sehr verschieden. In der Conformation der Knochen nämlich schafft die Natur die nächsten Bedingungen, an welche die Einrichtung eines Gelenkes geknüpft ist. Allein fast allgemein gilt das Gesetz, daß die hinzukommenden Bänder und Bandscheiben die mögliche Ausdehnung der Bewegungen mehr oder minder beschränken. Die meisten Gelenkoberflächen der Knochen sind so eingerichtet, daß sie verhältnißmäßig bedeutende gegenseitige Veränderungen der Lage gestatten. Fast alle Röhrenknochen des trocknen künstlichen Skelettes erlauben beträchtliche Verschiebungen und Drehungen, denen nur zum Theil durch die Formen der Hartgebilde ein Ziel gesetzt wird. Selten findet sich der Fall, welchen wir an dem Ellenbogengelenke am deutlichsten wahrnehmen, daß sich ein eigener Knochenfortsatz, wie das Olecranon, gleich einem Sperrhaken in die Grube des Oberarmes einkeilt, sobald die Streckung des Vorderarmes über 180° hinausgehen will. An den kleineren Knochen der Hand= und der Fußwurzel bedingen ihre gekrümmten Gestalten, an den Charniergelenken die bald zu erwähnenden Rollen und Zapfen, an den schiefen Fortsätzen der Wirbel die Körper und Bogen der letzteren, Hindernisse, die ausgedehnteren Verschiebungen in den Weg treten. Immer aber werden diese nach Entfernung sämmtlicher Bänder des Gelenkes größer, als sie im naturgemäßen Zustande waren.

753 Durch eine solche Anordnung sparte die Natur nicht nur an Knochensubstanz und ersetzte dieselbe durch leichtere Bandmassen, sondern machte auch eine größere Schmiegsamkeit und Ausdehnung der Bewegungen möglich. Ueberdies gewann sie den Vortheil, daß die Drehungen, wie schon früher (§. 46) erwähnt wurde, durch Uebung bedeutend vermehrt werden können. Wären immer Knochenfortsätze als Hemmungsapparate der Gelenke vorhanden gewesen, so hätten die letzteren über die einmal ihnen angewiesene Grenze ohne Verletzung der Hartgebilde nicht hinausgehen können. Hierbei aber wären bei den starken Stößen, welche die Articulationen nicht selten treffen, wesentliche Gefahren eingetreten.

754 Schon in der Mechanik gebraucht man so verschiedenartige Verbindungen, daß man nur die allgemeinsten Formen derselben mit besonderen Gattungsnamen zu bezeichnen im Stande ist. Derselbe Fall kehrt für unsern Körper ebenfalls wieder. Denn hier haben wir eine vollständige Reihe der mannichfaltigsten Uebergänge von der festen Vereinigung bis zu der freiesten Drehung der Knochen. Um aber die Haupttypen dieser allmälig an Beweglichkeit zunehmenden mechanischen Einrichtungen kennen zu lernen, müssen wir mit denjenigen Verbindungen anfangen, welche alle Beweglichkeit unmöglich machen oder wenigstens in höchstem Grade beschränken.

1) Die einfachste Verbindungsweise besteht in der gegenseitigen unmittelbaren Anlagerung oder Einkeilung entsprechender Oberflächen, welche durch ein Minimum von Verbindungssubstanz an einander gehalten werden. Bei dieser Anordnung bildet die feste Vereinigung die Hauptsache. Daher auch die Beinhaut über die Anfügungsstelle eben so gut hinweggeht, als wenn nur ein fortlaufendes Knochenstück existirte. Diesen Fall haben wir z. B. an dem Schädel und einem Theile der Gesichtsknochen. Bei der Schuppennaht ist natürlich die Einkeilung geringer als bei verschiedenen Zahnnähten. Eine verhältnißmäßig nicht sehr dickwandige hohle Kugel, wie z. B. der Schädel, ein nicht zu fester, dünner und gekrümmter Hebel, der in breitere Theile übergeht, wie das Jochbein, können bei diesem Minimum von Beweglichkeit äußeren Gewalten, welche sie treffen, eher Widerstand leisten, als wenn sie aus einem Stücke gearbeitet worden wären.

2) Knochen, bei denen die zuletzt genannten Erfordernisse in etwas höherem Grade eintreten, die sich in ihren Verbindungen etwas elastischer gestalten sollen, dürfen nicht mehr durch gegenseitige Zacken oder Zähne oder durch bedeutende Erhöhungen und Vertiefungen in einander greifen, sondern kehren einander ebnere Flächen zu und werden durch bedeutendere Zwischenräume von einander getrennt. In diesen letzteren befinden sich dann feste Knorpel und Faserknorpel, welche durch äußere Bandfasern verstärkt werden. Indem die Fasern einander durchkreuzen und sich überhaupt mannichfach verflechten, heben sie zum Theil Druck- und Zugwirkungen, von welchen sie getroffen werden, wechselseitig auf und werden so geeignet, mit eben so viel Festigkeit als nöthiger Elasticität zu arbeiten. Diesen Fall haben wir z. B. an den verschiedenen Symphysen, z. B. der Symphysis sacro-iliaca, zum Theil der Symphysis sacro-coccygea, der Symphysis pubis. Wo die Zwischenstücke in diesem Falle concentrische Ringe, die um eine weichere Mittelmasse herumgehen, darbieten, wie dieses z. B. bei dem prismatischen Knorpel der Schaambeinfuge der Fall ist, gewährt wahrscheinlich diese Anordnung in beschränkterem Maaße denselben Nutzen, welchen die Zwischenknorpel der Wirbelkörper darbieten.

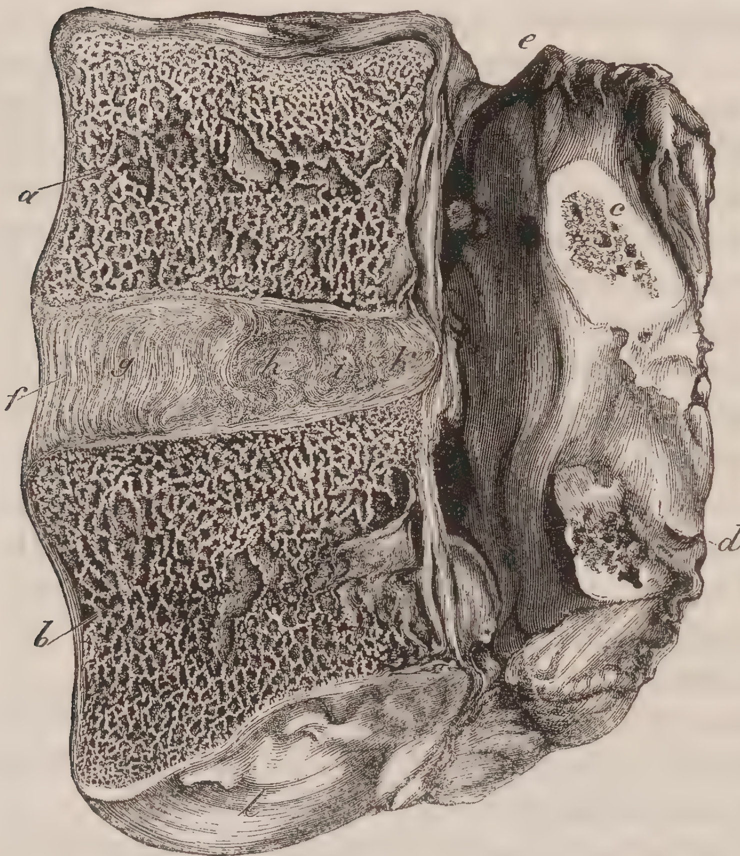
3) Sollen einander fremdartige, einfach wirkende Skelettgebilde in wechselseitiger Stellung für immer befestigt werden, so werden sie wie Nägel oder Pflöcke in einander eingelassen. Diesen Fall haben wir bei der Einkeilung (Gomphosis) der Zähne, deren Festigkeit der Bestimmung der letzteren genau entspricht. Daher auch bei den breiteren Backzähnen durch die Zahl der Wurzeln ersetzt wird, was bei den Eckzähnen die bedeutendere Länge des Einkeilungsstückes leistet.

4) Da die ächte Knorpelsubstanz eine größere Elasticität, dafür aber eine geringere Festigkeit als der Knochen besitzt, so werden da, wo die ersteren Eigenschaften nothwendig werden, Knorpel und Knochen unmittelbar an einander geleimt. Der knöcherne Theil dient zum Angriffspunkte der stärkeren Muskeln. Jener aber pflanzt seine Veränderung auf den Knorpelstab, der vermöge seiner Elasticität reagirt, fort. Dieser Fall tritt bei den Rippen am meisten hervor.

5) Die pyramidal über einander geschichteten Wirbelkörper bilden, wie

wir schon früher (§. 739) sahen, ein Piedestal, welches sich der Zunahme der Last entsprechend nach unten vergrößert. Da es aber zu gleicher Zeit, vorzüglich von vorn nach hinten und umgekehrt, gebogen, weniger dagegen um seine Querachse gedreht werden soll, so stellt die Natur Einschaltungsstücke her, welche diesem Requisite auf das vollkommenste entsprechen. Die Zwischenknorpel bestehen nämlich aus concentrischen Schichten von Fasern. Die letzteren verlaufen von oben nach unten, heften sich beiderseits an die Wirbelkörper und erscheinen hierbei nach Außen convex, nach Innen concav. Fig. 36 erläutert uns diese Verhältnisse. Wir haben hier den senkrechten Längendurchschnitt des vierten und fünften Lendenwirbels eines erwachsenen Mannes, der neben den entsprechenden Dornfortsätzen hinabgeht. a ist der vierte, b der fünfte Lendenwirbelkörper; c u. d sind die entsprechenden Bogentheile, e der geöffnete Wirbelcanal, f die vorderen, g die ihnen entgegengesetzten Fasern des Zwischenwirbelknorpels, h der Kern, i die hinteren und k die ihnen entgegengesetzten Intervertebralfasern. Die concentrischen Ringe der letzteren zeigen sich bei l. Wird nun z. B. die Wirbelsäule nach vorn gebogen, so legen sich die vorderen Fasern ein, während sich die hinteren strecken, und umgekehrt. Der nachgiebigere Centraltheil h dagegen dient dazu, diesen Veränderungen der genannten elastischen Fasern entsprechend auszuweichen und deren Thätigkeit ungehindert vor sich gehen zu lassen. Jeder drehenden Bewegung aber wird bald durch jene Anordnungsweise der genannten festen Fasern mit großer Kraft ein Ziel gesetzt werden. Die elastischen gelben Bänder, welche sich zwischen den Wirbelbogen hinziehen, bilden ein Supplement der eben geschilderten Einrichtung. Sie stehen ihrer Thätigkeit nach mit den hinteren Theilen der Zwischenwirbelknorpel in gleichem, mit den vorderen dagegen in umgekehrtem Verhältnisse.

Fig 36.



[1]) E. H. Weber in Meckel's Archiv, 1827. W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 94. Taf. II. Fig. 2.

6) Fast ebene Gelenkflächen gleiten an einander. Ihre gegenseitige Entfernung wird nicht bloß durch ihre Gelenkkapseln, sondern auch durch die Form und Befestigung der benachbarten Knochentheile verhütet. Diesen Fall haben wir an den Gelenken der meisten schiefen Fortsätze der Wirbelsäule.

7) Ein Zapfen dreht sich an einer entsprechenden Kreisfläche, die natürlich, wenn das Aufnahmstück allseitig geschlossen ist, vollständiger sein muß. Läuft er hingegen an einer Seite frei, so kann sie auch nur einen Halbkreis oder selbst einen Bogenabschnitt darstellen. Die Drehungsachse liegt dabei quer und kann je nach Verschiedenheit der Umstände einen ganzen Kreis oder einen aliquoten Theil desselben beschreiben. In unserm Körper haben wir z. B. an dem Zahnfortsatze des Epistropheus eine solche Zapfenvorrichtung, deren Rotation jedoch theils durch die Form der beiden obersten Halswirbel, theils durch eigene Bänder, wie die Ligamenta alaria, das Ligamentum cruciatum und zum Theil die entsprechende Parthie des Apparatus ligamentosus vertebrarum colli beschränkt wird. Selbst bei größtmöglicher Drehung kann daher nur nach jeder Seite hin ein Winkel von 40° — 45° beschrieben werden.

8) Bogige oder entsprechende krummlinigte Gelenkflächen laufen in einander und werden theils durch die Formen ihrer Ausschnitte und die Gestalten ihrer Knochen, theils durch ihre Bänder beschränkt. Hierher gehören die Gelenkverbindungen des Atlas und des Hinterhauptes, der Rippenköpfchen mit den Querfortsätzen der Wirbel, des Schlüsselbeines mit dem Brustbeine und dem Acromion, der Hand- und Fußwurzelknochen u. dgl. Die ideale Achse des Gelenkes kann hier hinauf und hinunter oder von einer Seite zur andern in einem Bogen spielen, dessen Größe bei jedem dieser Gelenke nach Verschiedenheit der Nebentheile wechselt. Selten sind noch Verschiebungen, wie z. B. am Kiefergelenke, die Größe der Excursion zu verstärken im Stande. Die vollkommensten Einrichtungen dieser Classe gehen unmittelbar in die folgende Articulationsweise über.

9) Mit dem Namen eines Nußgelenkes bezeichnet man in der Mechanik den Fall, in welchem sich ein kugelförmiger Kopf innerhalb einer kugelförmigen Gelenkfläche dreht und daher mit seiner Achse, sofern diese nicht durch ihre übrige Befestigungsweise gehindert ist, einen ganzen Kreis in jeglicher Richtung zu beschreiben vermag. Die sogenannten Arthrodien entsprechen zwar im Allgemeinen solchen Nußgelenken unserer Maschinen. Allein sie weichen durch die theilweise Beschränkung ihrer Bewegung wenigstens von dem möglich freiesten Typus dieser Verbindungsweise ab. Die ungenirteste Arthrodie unseres Körpers bildet das Schultergelenk. Die kugelige Fläche des Oberarmkopfes spielt hier innerhalb der sehr schlaffen Gelenkkapsel an der weit kleinern Cavitas glenoidea des Schulterblattes. Selbst hier aber tragen das Acromion und der Processus coracoideus, sowie die umgebenden Weichtheile zur Beschränkung der Excursion in allen denkbaren Richtungen bei. An dem Hüftgelenke, welches bei den Bewegungen des kugeligen Kopfes des Oberschenkels in der Pfanne

in noch bedeutenderem Maaße an unsere künstlichen Nußgelenke erinnert, fällt die Hemmung noch größer aus. Das Supercilium acetabuli, das Labrum cartilagineum und das Ligamentum teres bilden an ihm die vorzüglichsten Beschränkungsorgane, welche hier an dem Gelenke selbst angebracht worden.

10) Mit dem Namen eines Charniers bezeichnen wir in der Mechanik diejenige Art von Gelenken, bei welchen die beiden beweglichen Theile um eine durch sie hindurchgehende Axe laufen. Ihre Excursion ist daher nur eine einseitige und keine drehende. Eine Reihe von Gelenken unseres Körpers verhalten sich in ihren Bewegungseffecten ganz wie die Chaniere. Allein nie geht eine feste Axe durch das Gelenk hindurch. Als Aequivalente derselben bedient sich vielmehr die Natur der Gestalten der Knochentheile selbst und der an sie gefügten Bänder. Die Finger- und Zehenglieder liefern uns in dieser Beziehung die einfachsten Beispiele. Die Concavität des ersten Gelenkes des Zeige-, Mittel-, Ring- und kleinen Fingers spielt in der convexen Gelenkfläche des entsprechenden Mittelhandknochens, so daß in dieser Hinsicht eine Arthrodie zu Stande kommt, welche jedoch durch die Seitenbänder und die anderen Weichgebilde in hohem Grade beschränkt wird. An den oberen Gelenkköpfchen des ersten Phalanx haben wir keinen einfachen Kugelabschnitt, sondern zwei seitliche Rollen und eine mittlere Vertiefung. In diese paßt eine Kante des zweiten Phalanx, während für die Rollen des ersten entsprechende Vertiefungen angebracht sind. Denken wir uns nun die beiden Knochen in ihrem luftdicht schließenden Gelenke durch die Gelenkkapsel und die Gelenkbänder festgehalten, so muß die erwähnte Knocheneinrichtung selbst das Charnier herstellen. Denn so leicht die Rollen von vorn nach hinten spielen, so wenig können sie sich drehen, weil sich dann die Kante als Sperrhaken widersetzt. Dieselbe Einrichtung zeigt sich zwischen den zweiten und dritten Fingerphalangen, sowie zwischen dem letzten und vorletzten Phalanx des Daumens. Bei dem ersten Phalanx des letztern und dem entsprechenden Mittelhandknochen dagegen wird sie auf ihr Minimum reducirt, so daß schon wiederum eine freiere Arthrodie hervortritt. Aehnlich verhalten sich die etwas beschränkter beweglichen Zehengelenke. Endlich haben wir

11) an dem Ellenbogen- und in dem Kniegelenke zum Theil Charnier-, zum Theil Drehgelenke unmittelbar neben einander. Die Verhältnisse der Ulna und des Oberarmes erinnern vollkommen an ein absichtlich beschränktes Charnier. Die einzig möglichen Bewegungen sind hier die der Beugung und der Streckung. Jener wird durch den Processus coronoideus und zum Theil durch die Peripherie des Kopfes des Radius, dieser durch das Olecranon ein Ziel gesetzt. Allein die Charnierthätigkeit des Ellenbogens bezieht sich fast nur auf den Oberarm und die Ulna. Daher auch beide Seitenbänder, die bei diesen Articulationsweisen, wie wir gesehen haben, eine besondere Rolle spielen, vorzugsweise an die Ellenbogenröhre treten. Denn der Radius geht, wenn man von den sich vorfindenden Ringfasern absieht, durch einen Schlitz des Ligamentum laterale externum hindurch. Durch diese Einrichtung wird es aber möglich gemacht, daß er

sich hier in einem horizontalen Drehgelenke zu bewegen vermag — ein Verhältniß, welches wiederum an dem Handwurzelende das ähnlich, aber entgegengesetzt gerichtete Drehgelenk des Köpfchens der Ulna in dem halbmondförmigen Ausschnitte des Radius möglich und sogar nothwendig macht.

Die Anordnung des Kniegelenkes entfernt sich noch mehr von der der einfachen organischen Charnierverbindungen als die des Ellenbogens. Denn hier können auch die Charniertheile selbst, sobald nur der Unterschenkel gegen den Oberschenkel gebogen ist, beschränkte Drehbewegungen veranlassen. Dieses rührt davon her, daß die Gelenkoberflächen des Femur und des Schienbeines verschiedenartige Curven darbieten. Allerdings laufen zwar die Condylen des Oberschenkels in zwei, durch eine mittlere Vertiefung gesonderte Rollen aus. Allein die Durchschnitte der Oberflächen von diesen bilden keinen Kreisbogenabschnitt, sondern eine längs derselben gezogene Linie entspricht eher einem Theile einer Spirale (W. u. E. Weber)[1]. Da nun die entsprechenden Aushöhlungen der Tibia sehr flach sind, so folgt hieraus von selbst, daß Oberschenkel und Schienbein nicht auf einfache Weise wie Oberarm und Ellenbogenröhre in einander rollen können, sondern daß sich die Gelenkköpfe des Femur, ungefähr wie ein Rad vom Fußboden, von der Tibia abwickeln. Die starken Seitenbänder unterstützen dann diese einseitige Bewegung von vorn nach hinten. Sie machen erst durch ihre vollkommene Spannung das Kniegelenk zu einer Charniervorrichtung, da die Knochentheile allein diese Bestimmung nicht zu erfüllen im Stande wären. Bei der Beugung aber erschlaffen beide Ligamenta lateralia in ungleichem Grade. Das innere bleibt alsdann gespannter als das äußere. Diese Asymmetrie derselben ist wohl berechnet. Denn der innere Gelenkkopf des Oberschenkels kann sich nur unter Voraussetzung eines solchen Verhältnisses in seiner tiefern Gelenkgrube um sich selbst drehen, während der äußere einen größern ortsverändernden Bogen beschreibt. Auf diese Weise wird dann jetzt eine Pronation und Supination, die sonst bei der Streckung durch die Ausspannung der Seitenbänder verhindert ist, in beschränktem Maaße möglich. Die Kreuzbänder dienen vorzüglich, um die Verschiebung der Oberschenkelcondylen auf dem Schienbeine zu verhüten, um es unmöglich zu machen, daß sie sich nach vorn oder hinten schleifend verrücken. Indem sie aber bei der Beugung sowohl als der Streckung gespannt werden, vermögen sie diesen Dienst in beiden Fällen zu leisten, ohne eine dieser Stellungen zu beeinträchtigen.

Die Irritabilitätsäußerungen der contractilen Gebilde 755
leisten für die passiven Bewegungswerkzeuge dasselbe, was die angreifenden Kräfte für die Hebel unserer Maschinen bewirken. Die allgemeinen Gesetze der Mechanik finden auf beiderlei Verhältnisse die gleiche Anwendung. Die erregende Kraft der organischen Bewegung entsteht, wie wir sahen, durch Verkürzung der zusammenziehungsfähigen Elemente, von denen jedes seine Länge mit einer gewissen Intensität vermindert. Die Summe dieser ein-

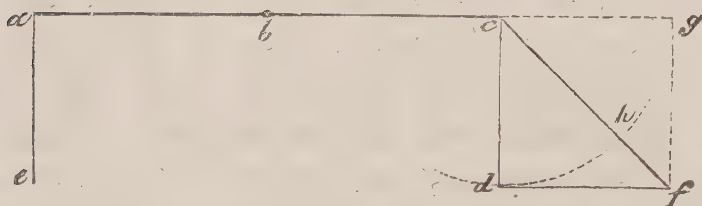
---

[1]) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 169.

zelnen Energien trägt sich auf die beiden Endpunkte des contractilen Gebildes über. Ist der eine befestigt, so muß der andere mit einer Kraft bewegt werden, welche der Summe der einzelnen Zugwerthe minus der Widerstandsgröße des passiven Bewegungsorganes gleicht. Dieses aber vorausgesetzt werden Vermehrung der Zahl der contractilen Fasern und Vergrößerung der möglichen Kraftentwicklung identisch sein. Wir werden finden, daß der letztere Satz viele Verhältnisse der Muskeln als zweckmäßig erscheinen läßt, die sonst das Ansehen von unvollkommenen mechanischen Einrichtungen darbieten würden.

756 Wirkt eine Kraft auf einen geraden Hebel dergestalt, daß sie die Richtung der Bewegungsachse desselben senkrecht durchschneidet, so befindet sie sich unter günstigeren Verhältnissen, als wenn ihr Angriff unter einem schiefen Winkel geschieht. Denken wir uns in ac einen geraden Hebel, z. B. einen Wagebalken, welcher in dem Punkte b unterstützt ist, sonst dagegen frei schwebt. ab und bc sind gleich lang und gleich schwer, so daß ac, wenn die Unterlage b senkrecht steht, horizontal verläuft und ab und bc bei ihren Schwankungen dieselben, aber entgegengesetzten Momente beibehalten. Greift nun eine Kraft cd den Punkt c unter dem rechten Winkel bcd an, so wird sie mit ihrer vollen Größe den Arm bc nach unten, den ba dagegen nach oben führen. Wird bei a eine gleiche Kraft ae unter dem rechten Winkel eab angebracht, so müssen sich ae und cd gegenseitig aufheben. Der Balken ac wird horizontal bleiben, und nur die Unterlage b wird mit ae + cd = 2cd oder dem Doppelten der einseitigen Kraft belastet sein. Wenn dagegen die größere Kraft cf unter dem stumpfen Winkel bcf den Arm bc fortzuführen sucht, so geht ein Theil ihrer Größe verloren. Sie kann nur ebenso viel als eine kleinere Kraft cd, welche auf den Arm bc unter dem rechten Winkel bcd einwirkt und selbst mit dem Endpunkte f den rechten cdf bildet, thätig sein. Obgleich daher cf größer als ae ist, so wird jene doch durch ae im Gleichgewichte gehalten. Denn machen wir cf zur Diagonale und construiren das Parallelogramm der Kräfte cgfd, so arbeitet cf eben so viel, als wenn eine Kraft cg den Punkt c in der Richtung von c nach g oder von a nach g, und eine zweite Kraft cd von c nach d zu führen sucht. Die horizontale Fortbewegung von a nach g ist aber für die Verrückung von oben nach unten gleichgültig. In dieser letztern Hinsicht also kann cf nicht mehr als cd leisten. Beschreiben wir aber um den Mittelpunkt c mit dem Halbmesser cd einen Kreisbogen, so wird dieser die Hypothenuse cf des rechtwinkligen Dreiecks cdf in h schneiden. Da nun cd = ch ist, so folgt hieraus, daß die Kraft cf wegen ihres schiefen Ansatzes unter dem Winkel bcf die Größe hf eingebüßt hat.

Fig. 37.



757 Der Verlust an Kraftgröße wird um so bedeutender ausfallen, je mehr sich der Angriffswinkel nach einer oder der andern Seite hin von einem

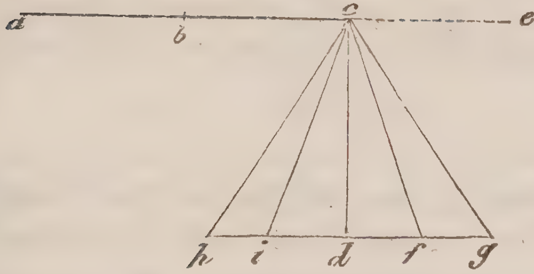


Fig. 38.

Rechten entfernt. Gesetzt, es arbeite an dem Wagebalken ac, der bei b unterstützt ist, in c eine Kraft unter cf und eine zweite unter cg, so wird jede von ihnen, wenn dg eine durch ihre Endpunkte geführte gerade Linie und cd auf ihr senkrecht ist, nur mit einem Werthe, welcher der Senkrechten cd gleicht, ziehen. Da aber cdf u. cdg rechtwinklige Dreiecke mit derselben einen Kathete sind, die andere Kathete dg aber größer als df ist, so muß auch die Hypothenuse cg länger als die cf ausfallen. Die Kraft cg verliert also mehr als cf, weil ihr Wirkungswinkel bcg stumpfer als bcf ist.

Dieselben Verhältnisse gelten auch für die andere Seite. Wenn z. B. ci unter dem spitzen Winkel bci angreift, so gleicht ihr Effect cd. Ist aber wieder hd eine gerade Linie und cd auf ihr senkrecht, so wird die noch größere Kraft ch, die nur unter dem noch spitzern Winkel bch arbeitet, denselben Effectwerth cd haben. Der letztere wächst also um so mehr, je mehr sich der einwirkende Winkel einem rechten nähert. Zwischen 0° und 90° nimmt er daher mit Vergrößerung der Grade zu, zwischen 90° und 180° dagegen ab.

Der Einfachheit wegen wurden diese Verhältnisse so betrachtet, wie sie sich nach der unmittelbaren Anschauung auf den ersten Blick ergeben. Streng genommen aber müssen die Angriffswinkel anders bestimmt werden, sobald wir gleichzeitig die Richtung des Zuges berücksichtigen. Arbeitet z. B. cg, so sucht die Kraft den Punkt c in der Richtung von c nach g hinwegzuführen. Ihr Angriffswinkel ist daher richtig als der stumpfe acg angenommen worden; wenn dagegen ch in Thätigkeit kommt, so hat sie die Tendenz, den Punkt c nach b zu leiten. Ihr Angriffswinkel ist daher streng genommen nicht der spitze ach, sondern der stumpfe ech, der jenen ersteren zu zwei rechten ergänzt. Der wirkende Winkel übertrifft also in diesem Falle immer einen rechten und der Verlust der Effectgröße ist um so bedeutender, je mehr er sich 180° annähert.

Fassen wir diese Verhältnisse mathematisch auf, so ergeben sich folgende einfache Resultate. Die Kraft ce hat wegen des Winkels bce die Effectgröße cd. Nun ist der Angriffswinkel bce = 90° + dce. Für den Winkel dce aber wird, wenn ce der Sinus totus, cd zum Cosinus; mithin für bce zum Sinus. Es ist mithin ce : cd = sin tot. : sin. bce = sin. tot. : cos. dce, d. h. die Kraftgröße einer schiefen Wirkung verhält sich zur wahrhaft entstehenden senkrechten, wie der Sinus totus zu dem Sinus des stumpfen Angriffswinkels oder dem Cosinus des Ueberschusses des letzteren über einen Rechten.

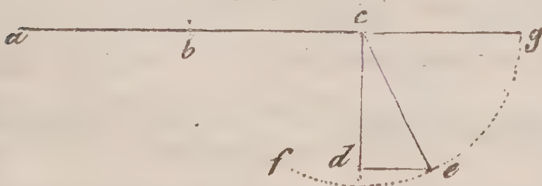


Fig. 39.

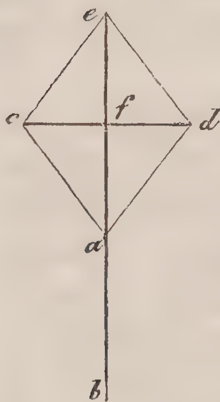
Gesetzt, die Kraft betrage 20 und der Angriffswinkel 100°, so haben wir, wenn wir die wirkende Kraftgröße mit x bezeichnen, 20 : x = sin. tot. : cos. 10. und $x = \frac{20 \times \text{cos. } 10^0}{\text{sin. tot.}} = 19{,}696$. Durch ihren schiefen Angriff hat also die Kraft 0,304 ver-

loren. Betrüge dagegen bce 170°, so gliche die reelle Kraftgröße 3,473. Ihr Deficit würde 16,527 ausmachen.

Nimmt man für den oben erwähnten Fall gce als Angriffswinkel, so gleicht sein Sinus dem Cosinus von dce, da sich beide Winkel zu 90° ergänzen. Wir haben daher $x = \frac{ce \times \sin. gce}{\sin. tot.}$.

758 Betrachten wir nun diejenigen Verhältnisse, bei welchen der Hebel nach allen Richtungen beweglich gedacht wird, so werden sich dadurch die Erscheinungen der contractilen organischen Fasern in ihren einfacheren Momenten von selbst erläutern. Wird jener an einem seiner Endpunkte von gleichen, aber entgegengesetzten Kräften rechtwinklig angegriffen, so heben sich diese vollständig auf. Es kann dann weder eine Bewegung in die Länge, noch eine solche in die Quere zu Stande kommen. Wirken dagegen zwei gleiche schiefe Kräfte unter denselben Angriffswinkeln, so heben sie sich zwar in den seitlichen Richtungen auf, führen aber den geraden Hebel der Länge nach in einer Direction fort, welche die unmittelbare Verlängerung von jenem darstellt. Hierbei verliert jede von ihnen ein gleiches Quantum ihrer Kraftgröße. Nehmen wir an, der Hebel ab werde in a von den gleichen Kräften ac und ad unter denselben Winkeln cab und dab angegriffen. Construiren wir das Parallelogramm der Kräfte aced, so wird der Punkt a in ae fortgehen. Nun sind aber die Dreiecke ace und ade congruent, indem ae beiden gemeinschaftlich, ac = ce = ed = da ist. Es muß daher ∠ cae = ∠ ead sein. Der Voraussetzung nach war ∠ cab = ∠ dab. Es wird daher auch ∠ cab + ∠ cae = ∠ dab + ∠ ead ausfallen, d. h. jede dieser beiden Summen muß zwei Rechten gleichen, so daß ae die unmittelbare Verlängerung von ab darstellt. Hieraus ergiebt sich schon von selbst, daß der Punkt a bei seiner Bewegung nach e keine seitliche Schwankung vornehmen kann. Die Kraft ac zieht ihn mit ihrer reellen Größe cf von f nach c, die ad mit der ihrigen von f nach d. Beide Linien fc und fd sind senkrecht, gleich und entgegengesetzt, und heben einander daher auf. In der Längenrichtung wirken sowohl ca als ad mit af. Es wird daher der Punkt a mit 2af = ae fortrücken.

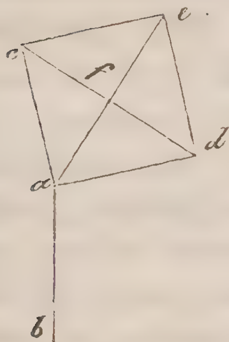
Fig. 40.



Für den Angriffswinkel cab bildet af den Cosinus, wenn ac dem Sinus totus gleicht. Wir haben daher ca : af = sin. tot. : cos. cab und daher wieder $af = \frac{ca \times \cos. cab}{\sin. tot.}$

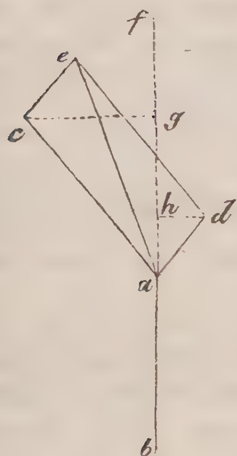
Die gemeinschaftliche reelle Größe beider Kräfte wird daher $\frac{2 . ca . \cos. cab}{\sin. tot.}$ betragen.

759 Sind die schiefen Kräfte gleich, ihre Angriffswinkel aber verschieden, so können beide zwar rücksichtlich ihrer seitlichen Wirkungen gleich viel verlieren. Der bewegte Punkt aber wird dann nicht gerade, sondern schief fortgeführt. Hierbei liegt seine Bahn in der Halbirungslinie desjenigen Winkels, welcher die beiden Angriffswinkel zu vier rechten ergänzt. Wirkt



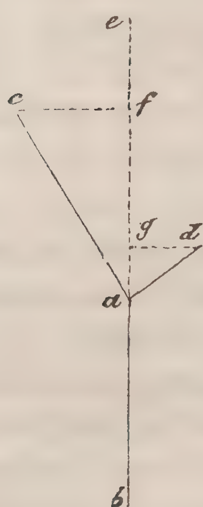
z. B. die Kraft ac auf den Punkt a unter dem Winkel cab und die gleiche Kraft ad unter dem weniger stumpfen Winkel bad, so wird jener nach dem Parallelogramm der Kräfte in ae fortgezogen. Da nun aber ce ∦ ad, so muß auch ∠ eac = ∠ dae sein. Nun ist der Voraussetzung nach ∠ dab kleiner, als cab; folglich ist auch ∠ dab + ∠ dae kleiner, als ∠ cab + ∠ cae. ea kann daher mit ab keine fortlaufende gerade Linie bilden, sondern muß sich nach d, d. h. nach derjenigen Seite, welche dem minder stumpfen Winkel dab entspricht, wenden. Ziehen wir nun aber cd, so werden, indem die vier Dreiecke congruent sind, bei f rechte Winkel sein. Dem Längenzuge nach wirkt daher die Kraft ca sowohl als die ad mit der Größe af, und der Punkt a wird mit 2af = ae fortgehen. Nun ist ∠ cae = ∠ ead, d. h. ae halbirt den Winkel cad, welcher die Summe der beiden Angriffswinkel cab + dab zu vier Rechten ergänzt. Greift z. B. die eine Kraft unter 110°, die andere gleiche unter 150° an, so wird daher die mittlere Wirkungslinie mit jeder der beiden seitlichen Kraftlinien einen Winkel von 50° bilden.

Ein ähnliches Resultat ergiebt sich für den Fall, wenn die Angriffs- 760
winkel zwar gleich, die Kräfte dagegen verschieden sind. Die schiefe Fortleitungslinie liegt dann an der Seite der größern Kraft. Proportionell verliert aber jede von beiden gleich viel. Gesetzt, a werde von der kleineren Kraft ad und der größern ac unter den gleichen Winkeln bad und bac angegriffen, so haben wir nach dem Parallelogramm der Kräfte die Effectlinie ae, die natürlich als Diagonale größer ist, wie ad oder ce. Die beiden Dreiecke ade und aec sind aber congruent und daher ∠ aed = ∠ eac. Nun liegt ead der größern Seite de = ac und ∠ aed der kleinern Seite ad gegenüber. Folglich ist der Winkel ead größer als eac. Es muß daher die Bahn ae nach der Seite von c hin geneigt sein. Verlängern wir aber jetzt ab und af und ziehen auf diese von c aus cg und von d aus dh senkrecht, so wirkt für den Längenzug ca mit der Kraftgröße ag und für den Querzug mit der von cg. Ebenso hat ad in beiden Beziehungen die Werthe ah und hd. Nun sind aber die beiden Dreiecke acg und adh einander ähnlich. Denn der Voraussetzung nach gleicht ∠ cab dem ∠ dab. Da nun aber bf eine grade Linie darstellt, so wird auch ∠ cag = ∠ had und mithin ∠ gca = hda sein. Wir haben mithin ac : ad = ag : ah = cg : hd, d. h. beide schiefen Kräfte, welche unter dem gleichen Winkel angreifen, werden in beiderlei Richtungen verhältnißmäßig gleichviel verlieren.



Sind endlich die Kraftgrößen und die Angriffswinkel ungleich, so kön- 761
nen sie natürlich je nach Verschiedenheit der Verhältnisse die Effectlinie schiefer machen, oder sich in Betreff der Ablenkung derselben wechselseitig compensiren. Was die Angriffswinkel betrifft, so werden sich Längen- und

Fig. 43.



Querzug umgekehrt verhalten. Jener muß um so bedeutendere Kraftgrößen haben, je mehr sich der Angriffswinkel 180°, dieser je mehr er sich 90° annähert. Das Quantum der wirklichen Kräfte dagegen wird durch die Seite, in welcher der Zug erfolgt, bestimmt. Nehmen wir an, ac (Fig. 43) wirke als größere Kraft unter dem Angriffswinkel bac, die kleinere ad mit dem Angriffswinkel bad, so werden sich, wenn be eine grade Linie und cf und gd auf ihr senkrecht sind, für den Längenzug die reellen Effecte af und ag für den Querzug cf und dg ergeben, af und ag wachsen aber, je weiter ac und ad an die Linie be rücken, d. h. je mehr sich die Winkel cab und dab 180° nähern, während sich cf und dg um so mehr verlängern, je weniger die Winkel cab und dab von 90° entfernt sind. Wirkt daher z. B. die größere Kraft unter einem Winkel, der zweien rechten näher steht, so wird sie auch einen größern Werth für den Längen- und einen kleinern für den Querzug erhalten.

Man sieht aber leicht, daß sich auf diese Weise Kraftgröße und Angriffswinkel compensiren können und daß eine bedeutende schiefe Kraft vermöge ihres ungünstigern Angriffswinkels nur eben so viel Effect auszuüben vermag, als eine kleinere unter einem günstigeren.

Diese Compensation wird dann für den Längenzug zu Stande kommen, wenn sich die Kraftgrößen umgekehrt wie die Cosinus, für den Querzug dagegen, wenn sie sich umgekehrt wie die Sinus verhalten. Denn im ersteren Falle gleicht z. B. die Kraftgröße von ca; $x = \frac{ac \cos. cab}{\sin. tot.}$ und die von ad; $y = \frac{ad \,.\, \cos. dab}{\sin. tot.}$. Soll nun aber $x = y$ sein, so haben wir $\frac{ac \,.\, \cos. cab}{\sin. tot.} = \frac{ad \cos. dab}{\sin. tot.}$ und daher $ac : ad = \cos. dab : \cos. cab$ für den Querzug bilden, wie man leicht sieht, die Sinus die gleichen Werthe. Es ist daher $ac : ad = \sin. dab : \sin. cab$.

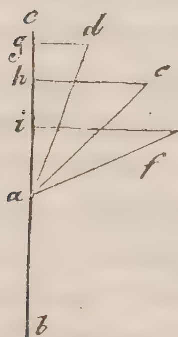
Ist z. B. die eine Kraftgröße, welche unter einem Winkel von 120° arbeitet = 20, die andere dagegen 15, und man sucht den Winkel φ, unter welchem diese wirken muß, wenn der Effect für den Längenzug der gleiche sein soll, so haben wir nach der obigen Proportion $15 : 20 = \cos. 120° : \cos. \varphi$. Mithin $\cos. \varphi = \frac{4}{3} \,.\, \cos. 120°$. Daher $\varphi = 131° \, 47' \, 23''$.

Wäre umgekehrt der Angriffswinkel der größeren 20 betragenden Kraft = 120° und der der anderen kleineren 140°, und man sucht dann für den Längenzug die gleichwirkende geringere Kraftgröße, so haben wir dann für diese $= x = \frac{20 \times \cos. 120°}{\cos. 140°} = 13{,}054$.

762 Wirkt eine Reihe schiefer und entgegengesetzter seitlicher Kräfte auf einen Hebelpunkt ein, so wird ihre reelle Kraft für den Längenzug, sobald sie selbst unter einander gleich bleiben, um so mehr abnehmen, je mehr sich ihr stumpfer Angriffswinkel von 180° entfernt oder je mehr sich dessen Supplement zu zwei Rechten 90° annähert. Soll aber auf diese Weise keine Verminderung der Wirkung Statt finden, so müssen die Kräfte, je weiter sie nach außen liegen, an Länge zunehmen. Sowohl jene erstere Abnahme bei ursprünglich gleichen Kräften, als diese nothwendige Zunahme der letzteren hängt, wenn die Effecte constant bleiben sollen, von den Größen der Angriffswinkel ab.

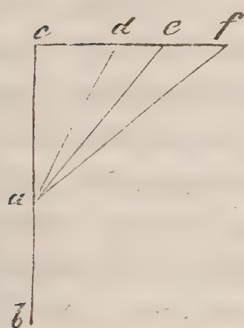
In beiden Fällen nämlich werden die zu bestimmenden Werthe, sobald wir nur den Längenzug im Auge behalten, mit den Cosinus der Angriffswinkel in Beziehung stehen. Für den Querzug dagegen müssen die Sinus die Bestimmungsglieder abgeben. Wirken z. B. auf a die gleichen Kräfte ad, ae und af unter den ungleichen Winkeln bad, bae und baf, so werden ihre reellen Effecte für den Längenzug durch ag, ah und ai dargestellt. Nun haben wir aber $ag = \frac{ad . \cos. cad}{\sin. tot.}$, $ah = \frac{ae . \cos. bae}{\sin. tot.}$ und $ai = \frac{af . \cos. baf}{\sin. tot.}$ Da nun der Voraussetzung nach ad = ae = af, so ergiebt sich ag : ah : ai = cos. bad : cos. bae : cos. baf.

Fig. 44.



Wenn z. B. drei gleiche Kräfte, von denen jede den Werth 10 hat, unter Winkeln von 120°, 130° und 140° angreifen, so werden sich ihre reellen Effecte des Längenzuges = cos. 120° : cos. 130° : cos. 140° = 1 : 1,2855 : 1,5321 verhalten. Die reelle Kraftwirkung gleicht bei 120° 5,000, bei 130° 6,4278 und bei 140° 7,6604.

Fig. 45.

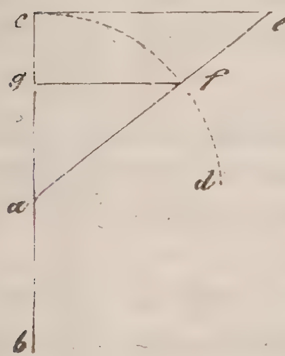


Sollen aber die ungleichen schiefen Kräfte ad, ae und af die gleiche reelle Wirkung ac für den Längenzug besitzen, so müssen sich ihre Größen nicht direct, sondern umgekehrt, wie die Cosinus ihrer Angriffswinkel verhalten. Denn wir haben $ad = \frac{ac . \sin. tot.}{\cos. cad}$, $ae = \frac{ac . \sin. tot.}{\cos. cae}$ und $af = \frac{ac . \sin. tot.}{\cos . caf}$ Hieraus folgt ad = ae : af cos. caf : cos. cae : cos. cad.

Gesetzt, es griffen wieder ad, ae und af unter 140°, 130° und 120° an, so haben wir, wenn z. B. ad = 20 ist, ae = 20 × 1,2855 = 25,71 und af = 20 × 1,5321 = 30,642.

Aus dem eben Angeführten ergiebt sich endlich, daß immer die Längen- 763
zugkräfte noch mit den gleichen, welche in der Querrichtung wirken, in indirectem Verhältnisse stehen müssen. Jene wachsen mit der Annäherung des Angriffswinkels an zwei Rechte, während diese dabei abnehmen. Umgekehrt verstärkt sich der Querzug, je weniger der Winkel von 90° abweicht, während sich wieder der Längenzug für diesen Fall vermindert.

Fig. 46.



In jedem Falle wird sich der Längenzug zum Querzuge, wie der sin. tot. zur Tangente des Angriffswinkels verhalten. Denn für die Kraft af bildet ag den reellen Werth des Längen- und fg den des Querzuges. Beschreiben wir nun mit dem Halbmesser af den Kreisbogen cfd und ziehen die Tangente ce des Angriffswinkels eab, so haben wir, da eca und fga rechte Winkel sind, in agf und ace ähnliche Dreiecke und daher ag : gf = ac : ce, oder, da ac = af und für die Tangente ce die Linie af den Sinus totus bildet, ag : gf = sin. tot. : tang. eab. Für denselben ganzen Sinus aber wird die Tangente um so größer, je mehr sich fab 90° annähert. Daher die oben erwähnten Verhältnisse von selbst erhellen.

Gehen wir nun nach diesen allgemeinen Erörterungen zu den Erschei- 764
nungen, welche die Muskel- und Sehnenfasern selbst darbieten, über, so finden wir zunächst, daß die wenigsten Muskeln unseres Körpers so angeheftet sind, daß sie ihre Hebel unter den günstigsten Verhältnissen, d. h. entweder senkrecht oder in der Fortsetzung ihrer Achse angreifen. Sogar diejenigen, welche noch die vortheilhaftesten Momente der Art zeigen, haben sie nur für die Majorität ihrer Fasern, nicht aber für alle. Diese scheinbare Unvollkommenheit rührt davon her, daß die Natur weit leichter

eine größere Muskelkraft herstellen, als die Zweckmäßigkeit und Vielseitigkeit der möglichen Bewegungen und die Schönheit der Formen aufgeben wollte.

765 Dünne und platte Muskeln, welche fast parallele Seitenränder und vordere und hintere ebene Flächen darbieten, erfordern, wenn sie sich mit ihren Fasern unmittelbar anheften, breite Ansatzflächen. Ihrem Volumen entsprechend können sie verhältnißmäßig weder eine sehr große Zahl von Muskelfasern in sich aufnehmen, noch sich in einem kleinern Angriffspunkte concentriren. Sie müssen daher, sobald sie irgend relativ bedeutendere Wirkungen hervorbringen sollen, unter sehr günstigen Verhältnissen angebracht sein. Aus diesem Grunde z. B. greifen die Sternohyoidei, Sternothyreoidei, Hyothyreoidei, zum Theil die Recti abdominis, die Recti bulbi u. dgl. ihre Hebel fast rechtwinkelig an. Werden solche platte Muskeln dicker, so daß sie für dieselbe Länge und Breite mehr Muskelfasern fassen, so tritt dieses Requisit in geringerem Grade hervor. Dieses sehen wir z. B. an dem Sternocleidomastoideus, dem Masseter und noch mehr an den Pterygoideis u. dgl. Während aber hier die Vermehrung der Zahl der Muskfasern als Compensationsmittel erscheint, so vermag auch eine Verlängerung derselben, die nur die mögliche Verkürzungsgröße, nicht aber die Kraft erhöht, ähnliche Dienste in dieser Beziehung zu leisten. Muskelfasern, welche in einem Kreisbogen verlaufen, können, vorzüglich wenn ihre Hebel geringeren Widerstand darbieten, dieselben unter schiefen Winkeln angreifen. Belege hierfür geben viele Bündel der Obliqui abdominis externus und internus, der Constrictores pharyngis und zum Theil der Obliqui oculi.

Vergleichen wir z. B. den Sternohyoideus mit dem Sternocleidomastoideus rücksichtlich ihrer Ansätze an das Brustbein, so wird uns diese Betrachtung eine Erläuterung des Gesagten liefern. Eine Faser des ersteren Muskels, welche die Querachse des Manubrium Sterni senkrecht angreift, wird ihre volle reelle Kraftwirkung ausüben. Heftet sich dagegen die Portio sternalis Sternocleidomastoidei bei festgestelltem, nach keiner Seite geneigtem Kopfe an jene z. B. unter 110°, folglich an die Längenachse des Brustbeines unter 160°, so haben wir nach §. 756., wenn wir die ursprüngliche Kraftgröße der Muskelfaser = 1 setzen, für den reellen Kraftwerth des Längenzuges $x = \frac{\cos. 160^0}{\sin. tot.} =$ 0,9397. Es gehen mithin durch den erwähnten schiefen Ansatz der Portio sternalis Sternocleidomastoidei 0,0603 oder $^3/_{50}$ verloren. Dieses Deficit kann der Kopfnicker sehr leicht durch seine geringere Abplattung und die daraus resultirende größere Zahl von Muskelfasern in mehr als hinreichendem Maaße decken.

766 Viele platte Muskeln zeigen die Eigenthümlichkeit, daß sie sich unmittelbar vor ihrem Ansatze mehr in die Breite ausspreizen und daß auf diese Weise, vorzüglich ihre äußersten Fasern, bogig werden. Dieses hat zum Zweck, ihre Angriffsfläche zu vergrößern, ohne daß an reeller Kraft viel verloren geht.

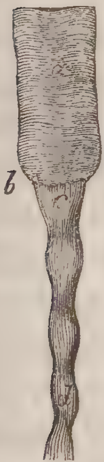
Jedoch läßt hierbei die Natur den letzteren Uebelstand keineswegs aus den Augen, sie modulirt vielmehr hiernach die Anfügungsformen. An den unteren Ansätzen des Sternocleidomastoideus, der noch bedeutendere Lastwirkungen ausüben muß, erscheinen sie daher auch nur sehr untergeordnet. Die Ausschweifung beginnt erst weiter unten und betrifft nur einen kleinen Theil der Muskelfasern. An einzelnen Antlitzmuskeln dagegen, wie z. B. an

dem Levator labii superioris alaeque nasi, wo ausgedehnte Stellen der Haut des Gesichtes als Hebel dienen sollen, weichen alle Fasern in Bogenlinien aus einander, um die weniger widerstrebende äußere Haut in einem ausgedehnteren Bezirke zu beherrschen.

Während Muskeln, die weniger Muskelfasern darbieten, bisweilen, 767
wie schon erwähnt (§. 765), dadurch einen Vortheil erlangen, daß sie ihre Hebel unter den günstigsten Verhältnissen angreifen, finden andere zu demselben passiven Bewegungsorgane gehende Muskelfasern, die nur in zahlreicherer Menge vorhanden sind, ungünstigere Bedingungen ihres Ansatzes vor. Ein auffallendes Beispiel der Art geben uns die Strecker des Kniegelenkes. Die meisten Fasern des schwächern Rectus femoris greifen die Kniescheibe fast ganz in ihrer Längenachse an und verlieren daher nichts an Kraft. Die in zahlreicherer Menge dagegen vorhandenen Muskelfasern der Vasti externus und internus dagegen ziehen an der Patella unter schiefen Winkeln und verlieren dadurch einen Theil ihrer Kraft, welcher durch ihre größere Zahl und ihren breiteren Ansatz compensirt werden muß.

Die Natur sucht die meisten Muskeln und vorzüglich diejenigen, welche 768
sich an Knochen anheften und zu gleicher Zeit größere Hebelwirkungen auszuüben haben, auf kleinere Angriffsstellen zu concentriren. Das vorzüglichste Mittel bilden hierbei die Sehnen, welche dann gleich Stricken die Knochen ziehen. Auch dieses Problem wird auf die zweckmäßigste Weise gelöst. Bedenken wir, daß jeder Quertheil einer Muskelfaser ein Aequivalent für ein Quantum möglicher Kraftäußerung bildet, so konnten die Fasern längs ihres Verlaufes nur mit Aufopferung eines Theiles ihrer Energie verschmälert werden. Sie behalten daher auch ihre Breitendurchmesser, längs des größten Theiles ihrer Länge, bei und verschmälern sich nur unmittelbar vor ihrem Ende auf auffallende Weise. Die Sehnenfasern umfassen nun den abgerundeten Schlußtheil der Muskelfaser und treten dann zu einem Bündel zusammen. Ist a z. B. die Muskelfaser, b ihr abgerundetes Ende und sind c die Sehnenfäden, welche die Peripherie des letzteren umfassen, so gehen diese dann früher oder später zu dem dünneren Sehnenbündel d zusammen. Es erlangt auf diese Weise einen geringeren Querdurchmesser, ohne daß es bei seiner peripherischen Anheftung an den Schlußtheil der Muskelfaser an Festigkeit etwas verliert oder das Geringste der Zusammenziehungseffecte der Muskelfäden aufgegeben wird. Indem sich aber diese Verhältnisse summiren, wird es möglich, daß eine Sehne z. B. 10 Mal so dünn als ihr Muskel sein kann und doch alle Veränderungen der Muskelfasern und Muskelfäden auf das Pünktlichste wiedergiebt.

Fig. 47.



Da die Sehne immer einen kleineren Querschnitt als der entsprechende 769
Muskel darbietet, so muß sie schon aus diesem Grunde von einzelnen Muskelfasern schief angegriffen werden. Dieses ist selbst bei den breiten und dünnen Sehnen platter Muskeln der Fall, weil jene einen kleineren Querschnitt als diese haben. Außerdem aber heften sich noch häufig accessorische Muskelfasern an schon gebildete Sehnen anderer Muskeln, um

die Zugkraft noch mehr zu erhöhen. Einen deutlichen Beleg hierfür haben wir an der Achillessehne in Betreff der unteren Fasern des Soleus.

770 Eine vollständige Ausgleichung würde in dem Falle zu Stande kommen, wenn die Ansatzlinie der Muskelfasern auf der Verlängerung der Sehne senkrecht stände. Ist z. B. ab die Sehne und cd die Ansatzlinie, welche die Verlängerung von ab bei e perpendiculär schneidet, so werden die Fasern ac, ef, ag, ae, ah, ai und ad die gleiche Zugwirkung ausüben, weil ihr Ansatzwinkel durch ihre größere Länge compensirt wird (§. 762). Dieser einfache Fall scheint aber wegen der Unebenheiten der Gebilde fast nie in mathematischer Reinheit einzutreten. Dagegen findet er sich annähernd an einzelnen Abtheilungen des Gracilis z. B., und zum Theil der Pectorales realisirt. Diejenigen Muskeln, welche, wie der Biceps brachii, der Rectus femoris beiderseits in Sehnen auslaufen und in ihrer Mitte ziemlich gleichförmig anschwellen, zeigen wenigstens in Betreff eines Theiles ihrer Fasern ähnliche Verhältnisse. Sind z. B. ab und cd ihre obere und untere Sehne, bec und bic, bfc und bhc ihre gleich, aber entgegengesetzt laufenden Fasern, so ergiebt sich von selbst, daß diese mit derselben Kraftwirkung wie bc ziehen müssen. Denn halbiren wir bc in g und machen ei in g rechtwinklig auf bc, so haben wir in abei und in dcei den vorigen Fall. Die genannten doppelt sehnigten runden Muskeln weichen nur insofern von diesem reinen Verhältnisse ab, als ihre Sehnenenden selbst in ihren Verbindungsflächen gegen einander geneigt sind.

Fig. 48.

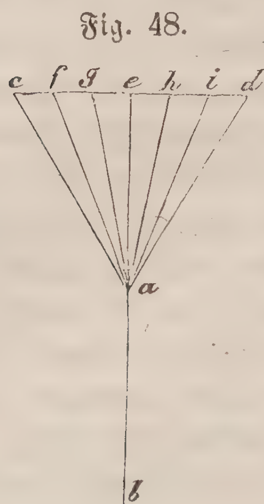
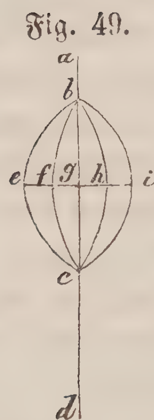
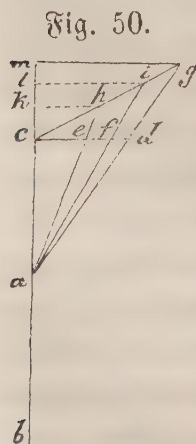


Fig. 49.



771 An jeder Sehne vereinigt die Natur durch die eben geschilderte Anfügungsweise eine Summe von Kräften, welche durch die einzelnen Muskelfasern geliefert werden. Wir haben aber hier bei der Passivität der ersteren, abgesehen von den Nebencorrectionen, welche in unserem Körper fast Null zu sein brauchen, denselben Fall, wie wenn an einem Stricke, der mit einem Gewichte beschwert senkrecht herabhängt, schiefe Kräfte von gleicher oder verschiedener reeller Größe angebracht sind. Ist z. B. ab die Sehne, cd die eine Hälfte einer geradlinigt angenommenen Ansatzfläche des Muskels und acd $= 90^0$, so wirken die Zugkräfte ae, af und ad, jede für sich ebenso viel als ac, und die Sehne wird daher mit einer Kraft von 4 ac in der Richtung von a nach c oder ba nach a geführt. Läge dagegen die Ansatzfläche schief, z. B. in der Richtung cg, so daß acg einen stumpfen Winkel bildet, so hätte ac für den Punkt c seine volle Kraft, ah dagegen nur die von ak, ai die von al und ag die von am. Die Sehne wird daher mit einer Kraftgröße von ac + ak + al + am an-

Fig. 50.



gezogen. Auf diese Weise aber empfängt sie die Summe aller reellen Kraftwirkungen der Muskelfasern, die jedoch der Ungleichheit der Winkel wegen nicht immer, wie sich aus dem Vorigen von selbst ergiebt, in gleichem Verhältnisse mit der ursprünglich gegebenen Zugwirkung steht.

Die eben ausgesprochene Ansicht findet sich schon bei Alf. Borelli, de motu animalium Lugd. Bat. 1685. 8. Pars prima [1]) p. 90 fgg. sehr klar entwickelt. Die Untersuchungen dieses Forschers haben im Ganzen ein eigenthümliches Schicksal erlitten. Die besten Mechaniker des vorigen Jahrhunderts, wie z. B. Dasaguliers, betrachten mit Recht die Grundtheoreme von Borelli als vollkommen wahr und beziehen sich mit vollstem Vertrauen auf dieselben. Dasselbe geschieht von Mechanikern und Physikern der neueren Zeit, wie z. B. von Gerstner, Muncke u. dgl. Die Physiologen dagegen sehen die Arbeit von Borelli eher als eine Art wissenschaftlichen Mißgriffes, als den Ausdruck eines historischen Irrthums, denn als ein Werk von bleibendem Werthe an. Vorzüglich gilt dieses seit dem Abschluß der Hallerschen Periode. Denn Haller selbst nimmt noch auf das Wahre, welches in den Leistungen von Borelli und vorzüglich in der von ihm angebahnten Richtung liegt, gebührende Rücksicht. Die Ursache jenes Mißcredites der neueren Physiologen und Aerzte liegt aber theils darin, daß die Jatromechaniker sehr häufig ihre Theoreme auf willkürliche und, wie wir jetzt wissen, unbegründete Annahmen bauten, theils aber auch in der irrigen Ansicht, daß solche mechanische Gesetze keine Anwendung auf unseren Organismus in irgend einer Art finden können. Dazu kam, daß die mathematische Auffassung den Forschern des organischen Lebens ferner liegt, als den Physikern. Studirt man aber Borelli's Schrift von unpartheiischem Standpunkte und mit Berücksichtigung der Zeit, in welcher sie ausgearbeitet worden, so wird man das Urtheil der Mechaniker gerechter als das der Physiologen finden. Denn die Hebelwirkungen der Muskeln sind daselbst mit einer Klarheit und Richtigkeit dargestellt, welche die vollste Anerkennung verdient. Dieser Abschnitt der Physiologie der Bewegung ist nur von wenigen späteren Forschern mit solcher Schärfe, wie von Borelli, berücksichtigt worden. Schwächer dagegen erscheinen allerdings seine Mittheilungen über die übrigen Functionen des thierischen Körpers, obgleich auch hier der originelle Geist des ausgezeichneten Mannes überall hindurchblickt.

Sollten die Sehnen ihren eben erwähnten Zweck erfüllen, so durften sie 772
nicht aller Dehnbarkeit entbehren, weil sie sonst auf Kosten ihrer Widerstandskraft zu spröde ausgefallen wären. Ihre Fäden biegen sich daher auch bei gänzlicher Erschlaffung des Muskels wellenförmig und erzeugen durch die verschiedenartige Vertheilung des auf den Wellenbergen befindlichen Lichtes und des in den Thälern erscheinenden Schattens Querstreifen, wie sie selbst an ausgeschnittenen Sehnen nicht selten beobachtet werden. Allein ihre elastische Ausdehnung hört bei dem Zuge bald auf, so daß die Muskeln in dieser Beziehung ihre Kraft ohne irgend erheblichen Verlust auf den Knochen übertragen.

Die Sehnen haben zwar im Allgemeinen den Nutzen, die Hebelbe- 773
wegungen der Muskeln fernern passiven Bewegungsorganen mitzutheilen. Allein sie erfüllen außerdem noch an den verschiedenen Körperstellen mannigfaltige Nebenzwecke untergeordneter Art.

1) Da die Cohäsion der Muskeln verhältnißmäßig nicht groß, die der Sehnen dagegen sehr bedeutend ist, so schaltet die Natur bisweilen zwischen den Muskelfasern Sehnenfasern ein, sobald jene Gefahr laufen könn-

---

[1]) Obgleich diese Ausgabe eine zweite verbesserte sein soll, so haben sich doch noch viele Fehler in der Bezeichnung der Buchstaben sowohl im Text als in den Figuren in ihr erhalten.

ten, bei stärkeren Wirkungen in aliquoten Theilen zu sehr gedehnt oder gar zerrissen zu werden. Aus diesem Grunde haben wahrscheinlich z. B. der lange und dünne Omohyoideus, der Digastricus maxillae inferioris, der Rectus abdominis in der Mitte ihres Verlaufes sehnigte Stellen. Die ersteren treten zugleich hierdurch mehr oder minder in die Kategorie mehrbäuchiger Muskeln, deren Wirkung auf eine Zahl von Punkten zugleich gerichtet sein kann.

2) Durch die Existenz der Sehnen wird an Raum gespart. Fügten sich immer die Muskelfasern unmittelbar an die Knochen, so wären bei weitem größere Ansatzflächen nothwendig gewesen. Das Fersenbein z. B. hätte noch breiter als die Wadenmuskeln ausfallen müssen, weil sich schon ein großer Theil der Muskelfasern der letztern an ihre Sehne schief anlegt. Hierbei hätte der Fuß an Beweglichkeit und Eleganz bedeutend verloren, ohne sonst den geringsten Vortheil zu erreichen. Durch die Herstellung der Sehnen dagegen arbeiten an den kleinen Räumen des Kronenfortsatzes des Unterkiefers, der Knochen der Hand, des Fußes u. dgl. voluminöse und verschiedenartige Muskelmassen, welche eine größtmögliche Beweglichkeit erzielen. Hieraus folgt zugleich

3) daß andere Bewegungen, welche sonst beschränkt werden müßten, durch Einschaltung von Sehnen unverändert gelassen werden konnten. Hätte z. B. der lange Kopf des Biceps keine Ursprungssehne, so wäre in jedem Falle, sobald sich die Muskelfasern desselben bis zu der Cavitas glenoidea scapulae und dem Labrum glenoideum erstreckt hätten, an Beweglichkeit und Eleganz verloren gegangen. Aus dem gleichen Grunde häufen sich die Sehnen der Strecker und Beuger des Unterschenkels um das Kniegelenk an. Durch eine solche Einrichtung wird zugleich der Frictionswiderstand, der sonst sehr bedeutend ausfallen müßte, fast gänzlich vermieden.

4) Vermag die Natur die wirkenden Muskelkräfte vermöge der Sehnen an passende entferntere Stellen zu verlegen. Die wichtigsten Beuger und Strecker der Finger und Zehen z. B. können auf diese Art an dem Vorderarme und dem Unterschenkel angebracht sein. Zu gleicher Zeit werden überdies hierdurch bisweilen, wie wir in der Folge sehen werden, günstigere Hebelrichtungen erzielt.

5) Concentriren sich an manchen Stellen Muskeln, welche in bedeutender Längen- oder Flächenausdehnung entspringen, auf einen Raum, der sonst nur einen aliquoten Theil derselben aufnehmen könnte. Belege hierfür liefern z. B. der Latissimus dorsi, der Infraspinatus, der Subscapularis u. dgl.

6) Konnten Muskeln nur dann, wenn sie selbst zusammengezogen sind, hinreichend fixe Ausgangspunkte für andere Muskeln liefern. Bei Sehnen dagegen, welche vorzüglich in ihren Scheiden befestigt werden, war jene Nebenbedingung nicht erforderlich. Auf diese Weise sind z. B. die Lumbricales für sich und ohne daß der tiefe Fingerbeuger in Thätigkeit zu sein braucht, zu wirken im Stande. Endlich

7) machen es die Sehnenausbreitungen möglich, daß ein Muskel mehr Muskelfasern enthält und hierdurch einer bedeutenderen Kraftäußerung

fähig wird. Die näheren Verhältnisse dieses Punktes werden wir später kennen lernen.

774 Diesen physiologischen und den schon früher erwähnten anatomischen Verhältnissen entsprechend haben zwar immer die Sehnen in ihrem Verlaufe kleinere Querschnitte, als die ihnen entsprechenden Muskeln, und sind bald häutig dünn, bald rund, bald an zwei Flächen abgeplattet, an den anderen dagegen zugerundet. Ihre Verdünnung kann aber nur eine gewisse Grenze in jedem Falle erreichen, weil das Maximum der Dehnung, wie bei Stricken, in eine Stelle ihres mittleren Verlaufes fällt und sie daher hier bersten würden, sobald ihre Widerstandskraft vermöge eines geringeren Calibers in zu hohem Grade abnähme. In der That sehen wir auch, daß Sehnen, welche durch zu starke Muskelwirkung verletzt werden, nicht an ihren Enden, sondern an einem ihrer mittleren Punkte reißen. Wenn sie, sowohl nach dem Muskelende, als nach dem Knochenansatze hin an Breite zunehmen, so liegt die Ursache des ersteren in der Aufnahme einer größeren Zahl von Muskelfasern, während die ausgedehntere Anfügung an den Knochen die Befestigung an denselben verstärken soll. Gingen z. B. die Sehnenfasern a b gerade zu ihrer Knochenfläche c d, so könnten sie sich nur mit den Querschnitten an ihren äußersten Enden anfügen. Breiten sie sich dagegen bogenförmig in e und f aus, so vermehrt sich die Zahl der Berührungspunkte, und die gegenseitige Verbindung vermag um so dichter zu werden. Bei manchen Sehnen, die weniger starke Kräfte überzutragen haben, beabsichtigt die Natur durch eine ähnliche Einrichtung einen andern Zweck. Indem sie nämlich die Sehnenfasern ausspreizt, vertheilt sie sie auf eine größere Oberfläche und setzt daher eine bedeutendere Menge passiver Bewegungsorgane den Einwirkungen des Muskels aus. Ein Beispiel dieses Verhältnisses giebt uns der Palmaris longus mit seiner Verbreitung in der Aponeurose der Hand.

Fig. 51.



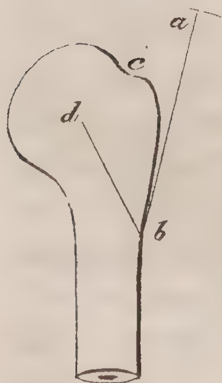
775 Bei Seilen und andern ähnlichen Vorrichtungen verzehrt die Reibung, welche zwischen ihnen und der Unterlage Statt findet, ein Quantum der Kraft. Wir können diesen Uebelstand an unsern Maschinen nur dadurch zum Theil verringern, daß wir schlüpfrige Körper, wie Fett oder Oel, zwischen den Reibungsstellen einschalten. Soll aber wenigstens der Fehler in allen Fällen gleichartiger ausfallen, so lassen wir den Zugfaden in Frictionsrollen, d. h. in Rädern, welche um keine freie Achse, sondern selbst wieder in Rädern laufen, spielen. Die Natur dagegen hält sich auch hier wiederum an das erstere Princip und reducirt die Reibung auf ihr Minimum, indem sie eine ähnliche Vorrichtung wie in den Gelenken herstellt. In den Sehnenscheiden verschiedener Art befindet sich eine eiweißhaltige Flüssigkeit, die bei dem luftdichten Verschlusse des Ganzen allen Veränderungen des Raumes genau folgt und zwischen der Sehne oder vielmehr einem feinen sie bekleidenden membranösen Ueberzuge und der Hülle liegt. Es reiben sich daher hier wieder ein fester Körper und eine Flüssigkeit mit der größten Präcision, so daß auf diese Weise nichts an

Kraft oder Zeit verloren geht. Bei langen Sehnen, an welchen die Verhütung der Reibung am dringendsten wird, treten auch die Sehnenscheiden am meisten hervor. Die Schleimbeutel bilden elastische Unterlagen, welche zwischen Sehnen und Knochen, Drüsen und Muskeln u. dgl. angebracht sind und ebenfalls zur Verminderung der Friction beitragen.

776 Nur die wenigsten Sehnen unseres Körpers setzen sich unter so günstigen Verhältnissen an ihre Knochen, daß durch ihren Anheftungswinkel kein Theil der Kraft unwirksam wird. Denn selbst bei der Achillessehne, welche fast rechtwinklig auf die obere Fläche des Fersenbeines stößt, ist dieses, wie wir in der Folge sehen werden, nicht der Fall. Sie greifen vielmehr ihre passiven Bewegungsorgane noch häufiger als die Muskeln, welche unmittelbar an Knochen treten, unter kleinen Winkeln an. Auch hierdurch verliert zwar die Natur an Kraft, gewinnt aber dafür an Zweckmäßigkeit der Einrichtung. Der Deltoideus z. B. fügt sich an die Oberfläche des Humerus unter einem mittleren Winkel von ungefähr 10° bis 15°, die Neigung seines Ansatzes gegen die Drehungsaxe des Oberarmes erreicht daher noch lange nicht einen halben Rechten. Sollte sie aber 90° betragen, so hätten die Ursprungsstellen des Muskels, nämlich die Extemitas acromialis claviculae, das Acromion und die Spina scapulae weit über das Schultergelenk hinausgeführt oder tief um dasselbe herabgebogen werden müssen. Abgesehen von der gänzlichen Veränderung, welche hieraus resultirte, abgesehen davon, daß die Natur durch eine solche Einrichtung einen entweder übermäßig starken oder zu schwachen Deltoideus geschaffen, so hätten entweder bedeutende Raumstellen leer bleiben oder mit anderen Muskeln, die doch keine rechtwinkligen Ansatzpunkte erhalten konnten, gefüllt werden müssen. Man wird überhaupt bei einigem Nachdenken leicht einsehen, daß unser Körper, ohne im höchsten Grade verunstaltet zu werden, keine vollständige Muskulatur zu besitzen im Stande war, deren Sehnen nicht größtentheils die innern Skelettstücke schief angriffen.

777 Bei der Bestimmung dieses Ansatzwinkels an den Knochen müssen wir immer die mathematische Hebellinie im Auge behalten, weil wir sonst eine unrichtige Grundlage für die Beurtheilung der reellen Effectgröße voraussetzen würden. Nehmen wir an, a sei der Ursprung und b der Ansatz eines Muskels, bc die äußere Oberfläche und d der Drehpunkt des entsprechenden Knochens, so wird db der mathematische Hebel sein, an welchem der Muskel in b zieht. Der Angriffswinkel ist daher nicht abc, sondern abd. Bildeten z. B. die obersten Fasern des Deltoideus mit der Oberfläche des Oberarmes einen Winkel von 4° und die untersten einen solchen von 22°, so daß wir im Mittel 13° hätten, so wäre dieses noch nicht der wahre Angriffswinkel, wenn der Muskel den Arm nach außen führen soll. Jener ist vielmehr abc + cbd, d. h. wenn der letztere durchschnittlich ebenfalls 13° betrüge, 26°. Wir werden in der Folge sehen, daß sich Physiker durch Vernachlässigung dieser Verhältnisse zu wesentlich unrichtigen Berechnungen haben verleiten lassen.

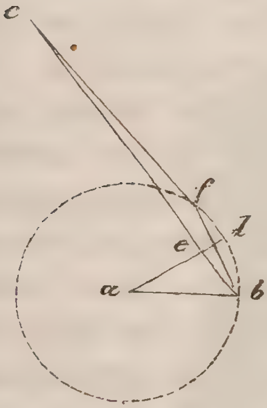
Fig. 52.



Die Ermittelung der reellen Kraft erfolgt dann nach denselben Principien, welche bei Gelegenheit der Anfügung der Muskelfasern an die Sehnen dargestellt worden.

Der Ansatzwinkel der Sehne an den mathematischen Hebel des Knochens kann sich im Laufe der Zusammenziehung eines Muskels verändern. Hierdurch vermag dann eine der nothwendigen größeren Anstrengung entsprechende theilweise Correction hervorgerufen zu werden. Ist z. B. a der Drehpunkt des zu bewegenden Knochens, ab der mathematische Hebel, welchen der Muskel bc unter dem Winkel abc angreift, so wird, wenn sich cb zu cd verkürzt, b nach d geführt, und der gegenwärtige Angriffswinkel ist adc. Wenn nun cb größer als cd, so haben wir in den Dreiecken aeb und ced den Winkel ced und aeb als Scheitelwinkel gleich; eab dagegen größer als ecd. Denn beschreiben wir um a mit ab = ad einen Kreis und ziehen bf, so ist bad größer als bfd. Dieser letztere Winkel gleicht aber fcb + cbf. Folglich muß Winkel eab größer als Winkel bcd sein. Ist dieses aber der Fall, so ist abf kleiner als adc, d. h. der Angriffswinkel des Muskels ist durch die Verkürzung des letztern 90° näher getreten und bietet daher ein günstigeres Verhältniß dar. 778

Fig. 53.



Wenden wir z. B. dieses Theorem wiederum auf den Deltoideus an, so wird der von ihm zu überwindende Widerstand bei senkrecht herabhängendem Arme gleich Null sein. Denn die Last der Extremität wird bei dem luftdichten Verschlusse des Schultergelenkes durch den Druck der Atmosphäre getragen. Führen wir aber die steife Extremität, während wir die übrigen Gelenke gestreckt halten, gerade nach außen und oben, so vermehrt sich der Widerstand, je weiter diese Bewegung nach oben fortschreitet, ungefähr wie bei einer Zeigerwage das Gewicht um so größer werden muß, je mehr das andere Ende des schweren oder beschwerten Hebels emporsteigen soll. Mit diesem größeren Hindernisse, welches mit der stärkeren Verkürzung des Deltoideus zusammenfällt, verringern sich zugleich die ungünstigen Momente des Angriffswinkels, so daß hierdurch eine theilweise Compensation bedingt wird. Auf ähnliche Art läßt sich z. B. das Gleiche auf das Ellenbogengelenk anwenden. Die Angriffswinkel des Biceps und des Triceps spielen hier in entgegengesetzten Verhältnissen, so daß sowohl die Beuger als die Strecker des Vorderarmes in Vortheil kommen, sowie sich der ihnen entgegenarbeitende Widerstand vergrößert.

Der Weg, auf welchem die Muskeln und Sehnen wirken sollen, ist 779
im Allgemeinen durch die Ursprungs- und Befestigungsweise derselben vorgeschrieben. Allein bisweilen werden noch besondere Einrichtungen erfordert, um diese Thätigkeiten in specieller Weise zu leiten und dem Zuge Directionen, welche sonst nicht zu Stande kommen würden, zu verleihen. Sie vertreten dann die bei unseren Maschinen angebrachten Rollen oder Walzen, in welchen die angreifenden Stricke, Ketten u. dgl. laufen. Sieht man von der Reibung ab, so wird hierdurch die Kraft nicht verändert.

Die Natur aber schafft in unserem Körper fast nie Vorrichtungen, welche einzig und allein diese Bestimmung haben, sondern benutzt zu gleichem Zwecke andere, ohnedies vorhandene benachbarte Theile oder leicht herzustellende Vertiefungen. Die wichtigsten Apparate, welche in dieser Hinsicht in Betracht kommen, sind folgende.

1) Die Stellung der Muskelfasern selbst kann schon zum Theil die beabsichtigte Bahn der Kraftwirkung bestimmen. Am deutlichsten sehen wir dieses an Muskeln mit langen Sehnen, wie z. B. denen des Vorderarmes und des Unterschenkels, welche für die Bewegungen der Hand und des Fußes bestimmt sind. Der Längenzug bildet hier den Hauptzweck des contractilen Apparates. Da nun mehr Muskelfasern angebracht werden mußten, als in der linearen Verlängerung der Sehne Platz haben konnten, so werden die seitlichen Fasern schief und mehr oder minder entgegengesetzt gestellt. Hierdurch heben sie sich für den seitlichen Zug mehr oder minder auf, während sie auf die Längenbewegung nach Maaßgabe ihrer reellen Kräfte zu wirken im Stande sind. Geht aber die Wirkung der Sehne in einer schiefen Direction fort, so verlaufen sie entweder dieser entsprechend, oder die eine geneigte Seitenparthie hat über der anderen ein entsprechendes Uebergewicht. Das erstere sehen wir z. B. bei dem Tibialis anticus, das letztere bei dem Gracilis.

2) Um das seitliche Ausweichen zu verhüten, laufen die Sehnen in knorpeligen Rinnen, in denen sie wie in ihren Scheiden innerhalb einer Flüssigkeit, einer Art von Synovia oder Ernährungsflüssigkeit fast ohne alle Reibung dahingleiten. Ausgezeichnete Leitungsfurchen der Art besitzen z. B. die Strecker und Beuger der Finger und besonders der Tibialis posticus, Peroneus longus u. dgl. Für den Tibialis posticus, den Extensor digitorum pedis communis und den Extensor hallucis longus functionirt das Ligamentum cruciatum als Widerstandsgebilde, welche die regelrechte Wirkung der Sehnen der genannten Muskeln bedingt. Gewissermaßen gehören zum Theil die Haltbändchen, z. B. der Sehnen des oberflächlichen Fingerbeugers, sofern sie nicht bloß Scheiden von Blutgefäßen sind, hierher.

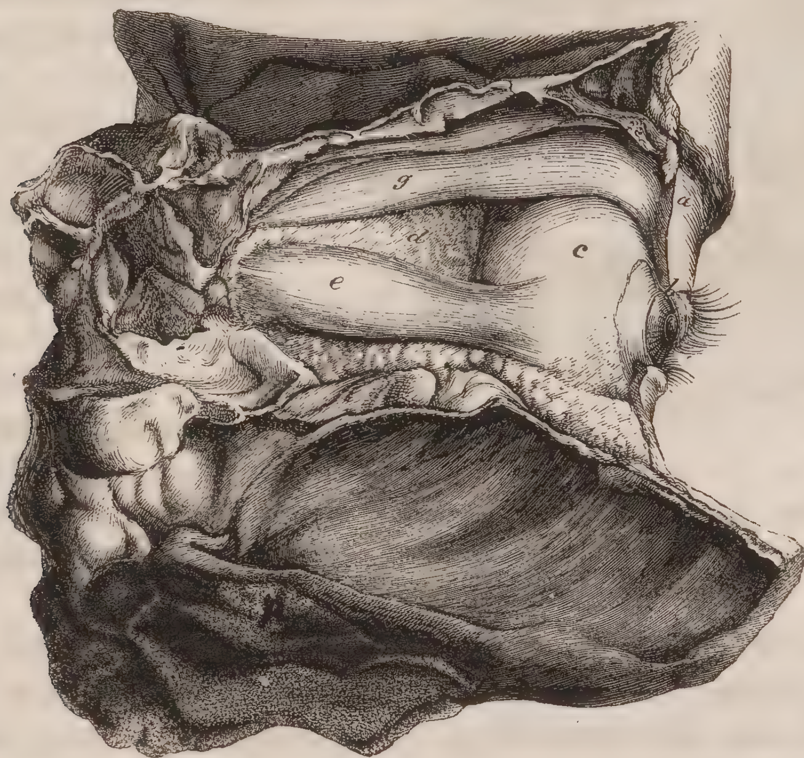
3) Der Muskel oder seine Sehne schlagen sich um einen benachbarten Knochen oder Knochenvorsprung herum und erhalten hierdurch eine ganz andere, ja entgegengesetzte Wirkungsweise, als wenn ihre Elemente gerade dahin gegangen wären. Ein deutliches Beispiel der Art giebt der Obturator internus. Wäre er nach seinem Austritte aus der unteren Beckenöffnung gerade fortgegangen, so hätte er sich an die innere Fläche des Oberschenkels ansetzen müssen und den Fuß einfach nach innen ziehen oder dorthin rollen können. Indem er sich aber um das Os schii herumbiegt, ist er im Stande, sich in der Fossa intertrochanterica anzuheften und den Schenkel nach außen zu drehen. Für ihn functionirt also das Sitzbein in der Gestalt einer Rolle. Auch das Verhältniß des seinen Wirkungen nach gänzlich unbekannten [1]) Circumflexus

[1]) S. Th. v. Soemmerring Lehre von den Muskeln und Gefäßen des menschlichen Körpers. Umgearbeitet von F. W. Theile. Abth. I. (Muskeln). Leipzig, 1841. 8. S. 72.

s. Tensor palati zu dem Hacken des Flügelfortsatzes gehört zum Theil hierher.

4) Ein benachbartes weicheres Organ übernimmt die Function einer Rolle. In dieser Art erscheint z. B. der Augapfel in Betreff des Obliquus inferior und vorzüglich des Levator palpebrae superioris. Stellen wir

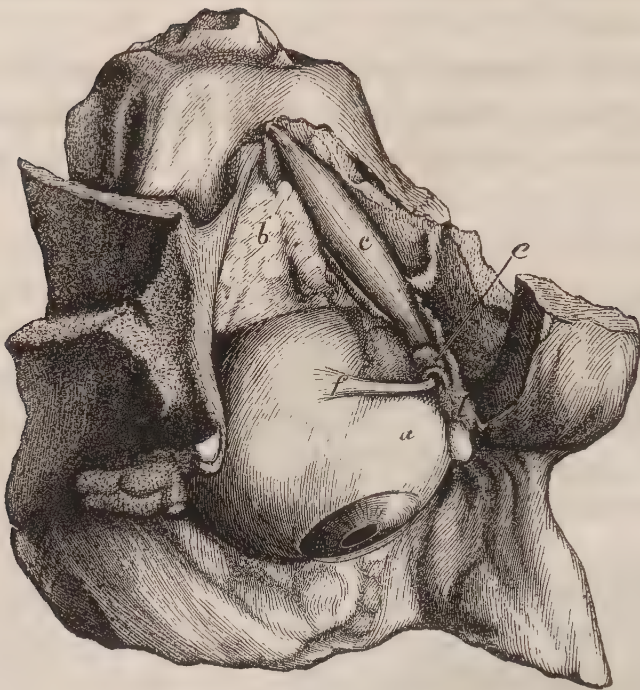
Fig. 54.



uns z. B. vor, ab sei ein senkrechter Längendurchschnitt des oberen Augenlides, c der Augapfel, d das Fettpolster der Augenhöhle und e der Rectus internus, so hätte der im Grunde der Orbita bei f entspringende Aufheber des oberen Augenlides g, wenn der Bulbus keine Hervorragung bildete, in der Richtung fb verlaufen müssen, um sich mit seiner Aponeurose an den Augenlidknorpel anzuheften. Er würde aber dann das obere Augenlid ab nicht emporheben, sondern in der Richtung von b nach f in die Augenhöhle zurückgezogen haben. Indem er dagegen in der Richtung fgab über die gewölbte Oberfläche des Augapfels und das über diesem liegende Fett verläuft und sich daher vorn, um zu dem Augenlidknorpel zu gelangen, hinabsenkt, dient ihm der Bulbus als Leitungsrolle und befähigt ihn, das obere Augenlid in die Höhe zu ziehen. Endlich

5) construirt die Natur nur sehr selten eine eigene Leitungsschlinge, der sonst keine andere Nebenthätigkeit zukommt. Einen Beleg für diesen ausnahmsweisen Fall haben wir an dem Obliquus superior (Fig. 55). Ist a der Augapfel und b ein Theil des Fettpolsters, so verläuft der Bauch des oberen schiefen Augenmuskels c an dem oberen und inneren Winkel der Augenhöhle. Hätte sich diesem entsprechend seine Sehne bei d an den Augapfel angeheftet, so würde er nur nach Analogie der Recti gewirkt haben. Er soll aber seiner Bestimmung nach die von oben und innen nach unten und außen gehende Achse des Bulbus in dem letzteren Punkte angreifen

Fig. 55.



und dann nach oben drehen. Der Augapfel selbst aber konnte, wie man leicht sieht, eine solche Leitung nicht vermitteln. Da nun sonst kein disponibler Theil zu diesem Zwecke vorhanden ist, so geht die Sehne des Muskels durch den faserknorpeligen Ring e, welcher zwischen dem Augenhöhlen- und Nasentheile des Stirnbeines befestigt ist, durch und erhält auf diese Weise eine Richtung, welche mit seinem ursprünglichen Verlaufe einen spitzen Winkel cef bildet. Daß hierbei Nichts an Kraft verloren gehe, ergiebt sich aus dem Früheren von selbst. Damit aber bei e kein Reibungshinderniß entstehe, gleitet die Sehne des Muskels in der Schlinge innerhalb einer Schleimscheide.

780 Da die Muskeln an den Knochen wie an Hebeln arbeiten, so müssen wir die allgemeinen mechanischen Verhältnisse der letzteren kurz betrachten. Hierbei denkt man sich dieselben in der abstracten Darstellung der an ihnen zu beobachtenden Gesetze als schwerlose Linien und bezeichnet sie als mathematische Hebel. Solche finden sich aber natürlich in der Wirklichkeit nicht. Denn hier haben alle ein gegebenes Gewicht. Sie bilden daher im Verhältniß zu den ersteren materielle Hebel. Die Reduction beider auf einander läßt sich, wie wir bald sehen werden, unter gewissen Voraussetzungen leicht vornehmen.

781 Ein mathematischer Hebel kann dreierlei verschiedene Gestalten darbieten. Entweder bildet er eine grade oder krumme Linie, oder zwei oder mehrere Linien vereinigen sich an einem seiner Punkte unter einem spitzen oder stumpfen Winkel. Im ersteren Falle heißt er ein grader, im zweiten ein krummer, im dritten endlich ein Winkelhebel. Mit dem Namen eines gelenkigen gebrochenen Hebels bezeichnet man diejenige Combination, in welcher noch eine oder mehrere Stellen desselben nicht continuirlich, sondern gelenkig verbunden sind.

Bei jedem Hebel derselben kommen drei Momente in Betracht. 1) Um sich bewegen zu können, muß er auf einem Punkte, welcher das unveränderliche Centrum darstellt, ruhen; dieser bildet den Ruhepunkt, Drehpunkt oder Stützpunkt (Hypomochlion). Ist er kein gebrochener, so beschreiben die Entfernungen der Endpunkte desselben von dem Drehpunkte oder deren gradlinigte Aequivalente als Radien Kreisbogen um den Drehpunkt. 2) Diejenige Stelle, an welcher die durch den Hebel zu bewegende Last angebracht ist, heißt der Punkt der widerstehenden Kraft, und diese der

Widerstand. 3) Endlich nennt man den Ort, an welchem dem letzteren eine andere Thätigkeit entgegenarbeitet, den Angriffspunkt der Kraft. An dem mathematischen Hebel haben natürlich der Widerstand oder die Last und Kraft die Natur von zwei gleichartigen, aber entgegengesetzten Kräften. Beide werden hiernach zu bloß relativen Begriffen.

Der Stützpunkt eines Hebels kann an das eine Ende desselben a oder 782
b verlegt sein. Es vermag daher nur a oder b zu kreisen, und der Hebel heißt daher, da man die Entfernung des Angriffspunktes vom Drehpunkte mit dem Namen des Hebelarmes bezeichnet, ein einarmiger. Liegt dagegen das Hypomochlion zwischen a und b, bei c oder d, so bewegen sich zwei Halbmesser ac und cb, oder ad und db um denselben Mittelpunkt c oder d, und daher in concentrischen, aber entgegengesetzten Bogenabschnitten. Wir haben einen zweiarmigen Hebel. Ist ac = cb, so erscheint er als ein gleicharmiger, bei der Unterstützung in d dagegen als ein ungleicharmiger Hebel.

Fig. 56.



Man unterscheidet in der praktischen Mechanik je nach der Verschieden- 783
heit der Vertheilung des Unterstützungspunktes, der Kraft und der Last oder des Widerstandes drei Hauptarten von Hebeln. Befindet sich der Drehpunkt c Fig. 57 zwischen beiden Enden a und b, während bei a die Last w, bei b dagegen die Kraft k angebracht ist, so haben wir einen Hebel erster Art oder erster Ordnung Ist die Unterstützung an den einen Endpunkt c Fig. 58, die Kraft k an den andern und die Last w an eine Stelle zwischen beiden verlegt, so giebt dieses einen Hebel zweiter Art. Findet endlich das Umgekehrte Statt, so daß bei dem Drehpunkte c an dem einen die Last w, an dem andern Ende die Kraft k im Verlaufe des Hebels angebracht ist, so erzeugt dieses einen solchen dritter Ordnung. Wir haben daher, wenn wir uns diese Verhältnisse übersichtlich darstellen:

Fig. 57.

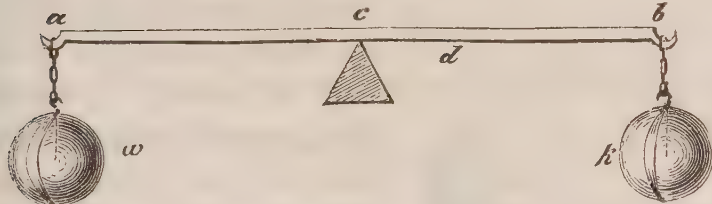


Fig. 58.

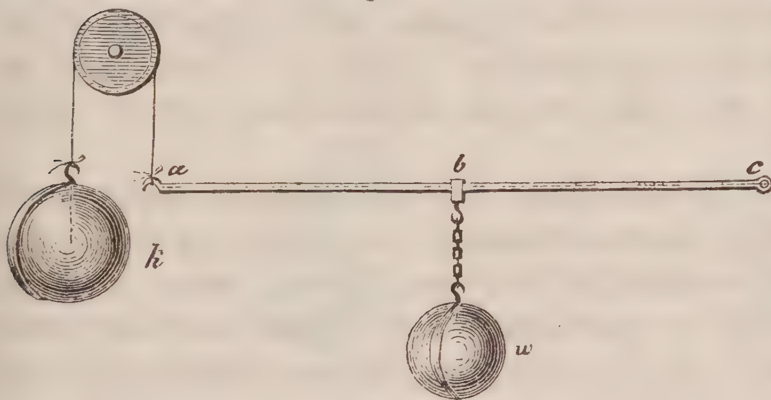
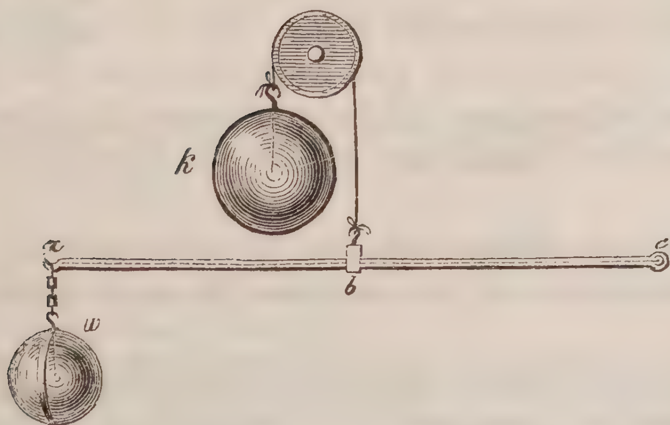


Fig. 59.



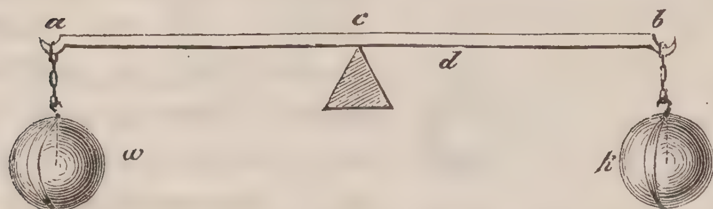
Hebel.	Endpunkte des Hebels.	Verlauf des Hebels.
Erster Art	Kraft und Last	Drehpunkt.
Zweiter Art	Drehpunkt und Kraft	Last.
Dritter Art	Drehpunkt und Last	Kraft.

Da nun Kraft und Last bloß relativ verschieden sind, so bieten auch die Hebel zweiter und dritter Art keine Fundamentalunterschiede dar. Beide reduciren sich auf einarmige Hebel, die an ungleichen Punkten ihres Verlaufes angegriffen werden. Jeder Hebel erster Art dagegen besitzt zwei Arme, welche um den Drehpunkt in entgegengesetzten Richtungen spielen.

Bei der Betrachtung der allgemeinen Hebelgesetze wird immer angenommen, daß die Kräfte oder Kraft und Last die Ebenen des Hebels rechtwinklig angreifen. Wirken sie daher in der That unter schiefen Winkeln, so müssen die Kraftgrößen nach den früher angegebenen Normen zuvor auf rechtwinklige reducirt werden.

784 Allen hier zu betrachtenden Erscheinungen der Hebelwirkung liegt das allgemeine Gesetz zum Grunde, daß nur dann Gleichgewicht herrscht, wenn die statischen Momente, d. h. die Producte der Kraftgrößen und der Längen der entsprechenden Hebelarme einander gleich sind. Wenn also auf den Hebel ab, der in c seinen Drehpunkt hat, bei b die Kraft k und bei a die Last w wirkt, so wird Gleichgewicht eintreten, sobald $w \times ac = k \times cb$. Ist nun der Hebel gleicharmig, so daß also $cb = ac$, so werden gleiche, aber entgegengesetzte in a und b angebrachte Gewichte äquilibriren. Wird in diesem Falle m xmal so groß als n, so wird sich auch die Kraftwirkung von m xmal verstärken.

Fig. 60.



Anders dagegen wird sich die Sache bei dem ungleicharmigen Hebel verhalten. Gesetzt, ab habe seinen Drehpunkt bei d, so daß ad größer ist als db, so wird kein Gleichgewicht herrschen können, wenn selbst die Kräfte w und k gleich und entgegengesetzt sind. Denn einerseits haben wir ein statisches Moment $k \times db$ und anderseits ein solches $w \times ad$. Da nun $k = w$ und $ad > db$, so muß auch $w \times ad$ größer als $k \times db$ sein. Suchen wir, wie groß die Kraft k sein müsse, sobald sie unter den genannten Verhältnissen w das Gleichgewicht halten soll, so haben wir, wenn wir $k = x$ setzen, $w \times ad = x db$ und daher $w : x = db : ad$, d. h. Kräfte, welche am ungleicharmigen Hebel mit einander äquilibriren, verhalten sich umgekehrt wie die Längen der Hebelarme, welche sie angreifen.

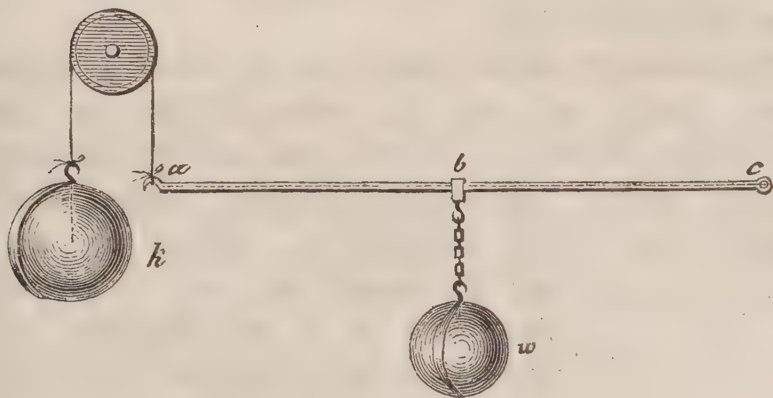
Sind die Hebelarme und die Kräfte ungleich, so stehen natürlich die Wirkungen in derselben Proportion, wie die statischen Momente selbst.

Ist der Hebel gleicharmig, so werden z. B. eine Kraft von 4 und eine Last von 4 mit einander das Gleichgewicht halten. Eine 3 Mal so große Kraft wird auch drei Mal so stark wirken. Gesetzt aber, der Hebelarm ad sei 4 Mal so lang als db, so

werden bei b 16 nothwendig sein, wenn bei a 4 Einheiten Last angebracht sind, weil $1 : 4 = 4 : 16$ und $4 \times 4 = 16 \times 1$ ist. Arbeiten unter den eben angenommenen Hebellängen bei a 8 und bei d 2 Einheiten, so verhalten sich die Wirkungen $= 8 \times 4 : 2 \times 1 = 16 : 1$.

Bei dem einarmigen Hebel bilden natürlich die Distanzen der Kräfte von dem Drehpunkte die idealen Hebelarme. Haben wir einen Hebel zweiter Art, der bei c seinen Drehpunkt, bei b seine Last w und bei a seine Kraft k hat, so beträgt die Länge des Hebelarmes für w die Distanz cb und für k die Entfernung ab. Mithin gleicht das mechanische Moment der Last $w \times cb$ und das der Kraft $k \times ab$. Da nun ab größer als cb ist, so braucht die Kraft k um so kleiner zu sein, je länger ac oder ihre Entfernung von der Last ausfällt, d. h. bei dem Hebel zweiter Art wird an Kraft auf Kosten der Länge des Hebelarmes gespart. Soll die Kraft k die Last w aufzuheben im Stande sein, so braucht sie nur $w \times \frac{cb}{ab}$ auszumachen. Denn dann haben wir $w \times \frac{cb}{ab} : w = cb : ab$. 785

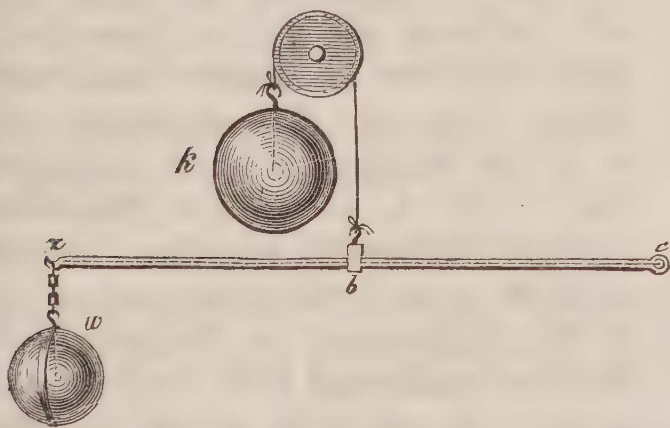
Fig. 61.



Ist z. B. $w = 10$ und liegt c im Mittelpunkte von ab, so braucht k nur 5 zu gleichen, um w emporzuheben. Verhält sich dagegen $cb : ca = 1 : 5$, so wird eine Kraft von 2 denselben Effect bedingen.

Bei dem Hebel dritter Ordnung endlich muß das Umgekehrte Statt finden. Liegt hier die Last w am Ende a, die Kraft k dagegen in der Mitte b, so hat die letztere den kürzeren Hebelarm cb und die erstere den längeren ac. Es wird daher, um w zu heben, die Kraft $k = \frac{w \times ac}{cb}$ sein, d. h. um so viel größer ausfallen müssen, als der Widerstand von dem Angriffspunkte der Last entfernter liegt. 786

Fig. 62.



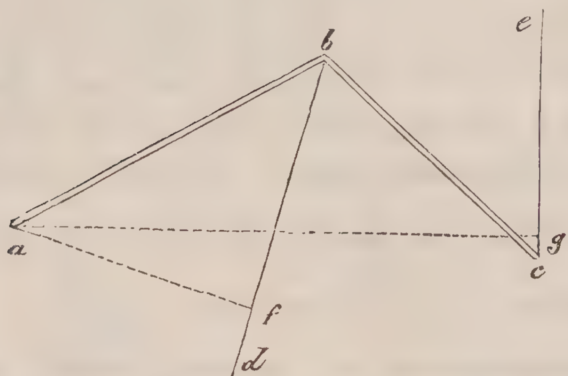
Für $w = 10$ und $cb = \frac{ab}{2}$ gehört bei c eine Kraft von 20, um die Last zu heben. Beträgt cb nur $\frac{1}{5}$ von ab, so muß sich die Kraftgröße auf 50 steigern um dasselbe Resultat zu erreichen.

Endlich können noch bei dem einarmigen Hebel Kraft und Last oder Kraft und Drehpunkt in dem einen Endpunkte zusammenliegen. Im 787

ersteren Falle wird die Wirkung des Hebels gleich Null sein, weil er in gleicher Größe bei beiderlei statischen Momenten wiederkehrt. Im zweiten dagegen würde sich die Last, wenn sie als mathematischer Punkt mit dem drehenden Endpunkte zusammenfiele, gar nicht rotiren können, und ebenso wäre die Kraft nicht im Stande, eine Excursion der Last zu bewirken. Da aber die Träger der Kräfte und Lasten materielle Größen sind, mithin über den Drehpunkt hinausgehen, so reducirt sich dann das Ganze auf den Fall, daß die Last von dem Hypomochlion möglichst entfernt, die Kraft möglichst nahe oder umgekehrt liegt.

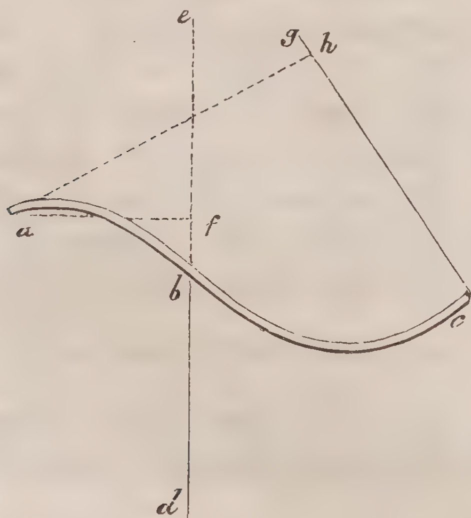
Jeder winklige oder krummlinigte starre Hebel kann in seinen statischen
788 Momenten bestimmt werden, sobald wir nur die reellen Kräfte oder die Kraftmomente der Einwirkungen ermitteln. Wählen wir als Paradigmen die nicht ganz einfachen Fälle, welche auf einzelne Gelenke unseres Körpers ihre Anwendung finden. abc sei ein Winkelhebel, welcher in a seinen Drehpunkt hat und in b von einer Last w in der Richtung bd unter dem Angriffswinkel abd gezogen wird. Eine Kraft k arbeitet an dem Punkte c in der Richtung ce. Ziehen wir von a auf bd die Senkrechte af, so bildet dieses das Kraftmoment der Last w. Machen wir ferner ag von a aus perpendiculär auf ce, so ist ag das Kraftmoment von k. Es wird daher Gleichgewicht herrschen, wenn w × af = k × ag ist, oder wenn sich w : k = ag : af verhält.

Fig. 63.



Ist der Hebel in der Form von abc gekrümmt und hat in a seinen Drehpunkt, so finden die gleichen Verhältnisse Statt. Zieht die in b angebrachte Last w in der Richtung bd und verlängern wir bd zu de, so wird der Perpendikel af deren Kraftmoment darstellen. Arbeitet die Kraft k in der Direction von cg, so ist ihr Kraftmoment die Senkrechte ah. Auch hier äquilibriren beide, wenn w × af = k × ah und w : k = ah : ag. Bei winkligen und krummlinigten Hebeln verhalten sich die Kräfte ebenfalls umgekehrt wie die durch ihre Angriffswinkel zum Theil bestimmten Hebellängen ihrer Kraftmomente.

Fig. 64.



Was die genauere Berechnung dieser Verhältnisse betrifft, so ist das Lastmoment af = $\frac{ab \sin. abf}{\sin. tot.}$ Das der Kraft c dagegen ag bildet eine Function von vier bestimmenden Größen, nämlich der Länge der beiden Hebelarme ab und bc, des Winkels abc

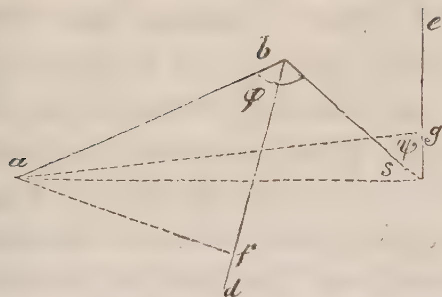
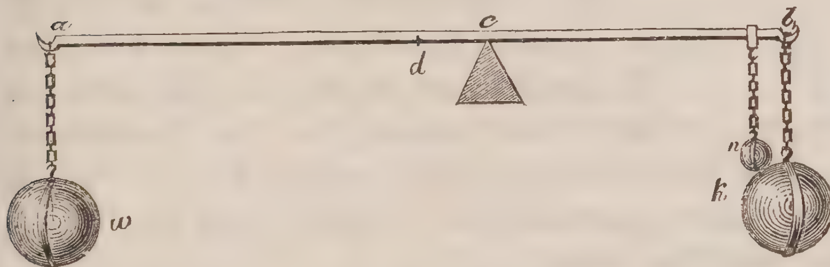


Fig. 65.

$= \varphi$, unter welchem sie zusammenstoßen, und des Angriffswinkels $bce = \psi$. Denn ziehen wir ac, so haben wir in dem Dreiecke abc die Seite $ac = \sqrt{\frac{[2ab \times 2ac \times \sin.^2 \frac{1}{2}\varphi}{\sin.^2 \text{tot.}} + (ab - bc)^2]}$. Gleicht dann $\frac{ab + bc + ac}{2} = m$, so ist $\cos. \frac{1}{2} \zeta = \sqrt{\left(\frac{\sin.^2 \text{tot.} \times m(m - ab)}{bc \times ac}\right)}$. Wir kennen daher in dem rechtwinkeligen Dreiecke agc die Hypothenuse ac und den Winkel $agc = \zeta + \psi$. Es ist mithin $ag = \frac{ac \sin. (\zeta + \psi)}{\sin. \text{tot.}}$.

Wir haben bis jetzt nur die Hebel als mathematische Linien betrachtet. 789
Um aber materielle Hebel auf solche zu reduciren, brauchen wir uns nur zu erinnern, daß das Gewicht eines jeden Körpers in seinem Schwerpunkte concentrirt ist und daß wir ihn uns daher als einen mathematischen Hebel denken können, welcher an der Stelle des Schwerpunktes mit einem der Schwere des Körpers gleichen und in der Gravitationslinie aufgehängten Gewichte belastet ist. Nehmen wir z. B. an, ab sei ein Hebel erster Art, der bei c seinen Drehpunkt besitzt und dessen Schwerpunkt in d liegt, so reduciren wir ihn auf einen mathematischen Hebel, wenn wir seine Eigenschwere bei der Berechnung als ein Gewicht s ansehen, welches bei d der Gravitationsrichtung gemäß angebracht ist. Ihm wird bei b das Gewicht n das Gleichgewicht halten, wenn $n \times bc = s \times dc$ und wenn daher $n = \frac{s \times dc}{bc}$ ist. Dann muß der ganze Hebel horizontal bleiben können. Drückt nun bei a eine Last w, so müßte für den Fall des mathematischen Hebels Aequiliber eintreten, wenn $k = \frac{w \times ac}{bc}$. Denn dann wäre $k \times bc = w \times ac$. An dem materiellen Hebel aber findet dieses nicht Statt, denn hier muß noch die Kraft den Ueberschuß der Schwere des längeren Hebelarmes über die des kürzeren aufheben. Es wird eine Totalkraft $= \frac{w \times ac}{bc} + \frac{s \times dc}{bc}$ erfordert. Wäre aber z. B. ab ein Hebel dritter Art, der in b seinen Drehpunkt, in c seine Kraft k und in a seine Last w besäße, und läge der Schwerpunkt in d, so wird er die Kraft k mit dem entsprechenden Theile seines Gewichtes unterstützen. Diese brauchte dann nur $\frac{w \times ab}{cb} - \frac{s \times db}{ab}$ zu gleichen.

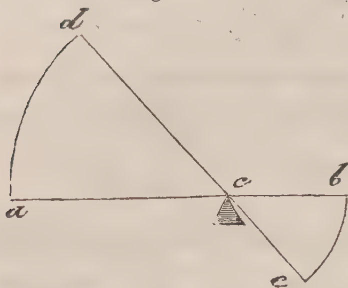
Fig. 66.



Um nun diese Hebelgesetze auf die Verhältnisse unserer Körpertheile 790

anzuwenden, müssen wir noch untersuchen, wie sich die Excursionsgröße der bewegten Last unter den verschiedenen Verhältnissen zu der nothwendigen Qualität von Kraft verhält. An dem Hebel erster Ordnung wird sich die Bewegung des Endpunktes des längeren Armes um so viel vergrößern, als sich sein Kraftwerth verkleinert oder die des kürzeren Armes verstärkt.

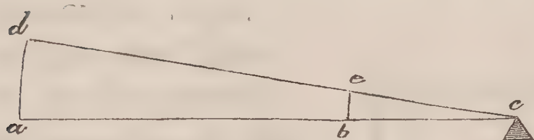
Fig. 67.



Denn wenn z. B. der Hebel ab bei c seinen Drehpunkt hat und ac = 2 × cb ist, so wird der Punkt a für denselben Winkel einen doppelt so großen Bogen (= ad) als der Punkt e (= be) beschreiben, weil sich dca und bce als Scheitelwinkel gleichen, der Halbmesser ac aber doppelt so groß als cb ist. Bei b muß die zwiefache Kraft der Last, welche bei a liegt, angebracht werden. Dasselbe gilt für alle gebogenen oder winkeligten starren Hebel erster Art.

Die Hebel zweiter und dritter Ordnung werden sich in dieser Beziehung unter einander entgegengesetzt verhalten. Hat z. B. ab seinen Drehpunkt bei c, seine Last bei b und seine Kraft bei a, und ist ab = 2 × bc, so muß die Kraft noch ein Mal so stark sein, wenn sie der Last das Gleichgewicht halten soll. Für denselben Winkel acd beschreibt aber jene den doppelt so großen Bogen ad als diese, welche nur die Excursionsgröße be hat. Ist dagegen der Hebel ein solcher dritter Art, so daß in a die Last und in b die Kraft angebracht ist, so findet das Umgekehrte Statt. Es folgt mithin im Allgemeinen

Fig. 68.



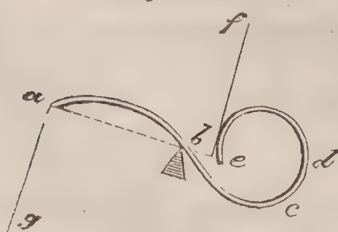
1) daß bei dem graden oder winkeligen oder krummlinigten Hebelarme die an dem Ende des längeren Hebelarmes angebrachte Kraft ihre Excursion auf Kosten der am kürzeren Hebelarme arbeitenden um so viel vergrößert, als ihr Kraftmoment größer ist als dasjenige, welches der Wirkung des kleineren Hebelarmes entspricht.

2) Bei den Hebeln zweiter Ordnung ist die Excursionsgröße der Kraft auf Kosten der der Last, bei dem dritter dagegen das Bewegungsquantum des Widerstandes auf Kosten der Kraftgröße erhöht.

3) Ein Hebel erster Ordnung steht in dieser Hinsicht einem solchen dritter Art parallel, wenn seine Last an dem Endpunkte des längeren, seine Kraft dagegen an dem des kürzeren wahrhaft wirkenden Hebelarmes angebracht ist.

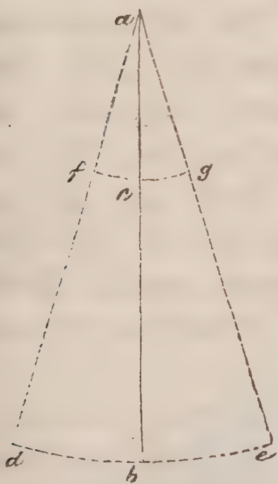
Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß wir nie bei krummlinigten Hebeln nach der reellen Länge der Hebelarme, sondern nach deren Kraftmomenten urtheilen müssen. Hätte z. B. der Hebel die Form abcde und läge in b sein Drehpunkt, während die Last in a in der Richtung ag, die Kraft dagegen in e in der Direction ef angreift, so wäre zwar ab kürzer als bcde. Allein der Kraftmoment von ab wäre der Perpendikel ab und des von bcde die Senkrechte be. In Wahrheit läge daher der kürzere Hebelarm an der Seite des längeren gekrümmten Stückes bcde.

Fig. 69.



Nach diesen Prämissen können wir schon im Voraus bestimmen, welche 791
Hebelarten die Natur vorzugsweise in unserem Körper gebrauchen dürfte. Sie wird fast nie solche zweiter Ordnung herstellen, denn hierbei wäre zwar an Kraft erspart, aber dafür die Bewegungsgröße der Last wesentlich beschränkt. Die Muskeln müßten sich dann mehr verkürzen, als die Knochen bewegt würden. Eine solche Einrichtung hätte den Organismus zu dem unvollkommensten Bewegungsapparate gestempelt. Dadurch aber, daß Hebel dritter Ordnung meistentheils vorherrschen, beurkundet sich die Künstlichkeit, welche unserem ganzen Körperbaue zum Grunde liegt. Indem den Muskeln, wie wir bei den numerischen Verhältnissen sehen werden, ungemein große Kraftwirkungen durch ihre Contractilität zu Gebote stehen, sind sie im Stande, als Hebel dritter Art zu arbeiten und auf diese Weise bedeutende Excursionen der bewegten Theile hervorzurufen. Nehmen wir z. B. an, ab sei die Länge der senkrecht herabhängenden oberen Extremität, c der Ansatz des Deltoideus, und es verhalte sich ac : ab = 1 : 6,5, so wird zwar jener Muskel 6½ Mal so viel Kraft brauchen, als wenn sein Angriffspunkt unmittelbar bei b an den Fingerspitzen angebracht wäre. Ist er aber im Stande, durch seine Zusammenziehung den Winkel caf oder cag zu beschreiben, so bewegt er sich nur in dem Bogen cf oder cg, führt dagegen die Finger in dem 6½ Mal so großen Kreisabschnitte db oder be hin und her. Bei der Beweglichkeit der Gelenke des Ellenbogens, der Hand und der Finger konnte seine Sehne nicht bis zu b hinabgeführt werden, weil sie sonst nicht die ganze Extremität von dem Körper abducirt, sondern dieselbe in den genannten Gelenken gebogen haben würde. Sollte daher eine bedeutendere Excursionsgröße zu Stande kommen, so war dieses nur auf Kosten der Kraft einzurichten. Aus demselben Grunde heftet sich z. B. der Biceps brachii mit seiner Hauptsehne an die Tuberositas radii, der Brachialis internus an den Processus coronoideus und die Tuberositas ulnae, der Triceps an das Olecranon, der Psoas major und der Iliacus internus an den kleineren, der Glutaeus medius und minimus an den größeren Rollhügel, das Kniescheibenband an die Tuberositas tibiae u. dgl. Ueberhaupt gilt mit wenigen in ihren Ursachen leicht zu erkennenden Ausnahmen das Gesetz, daß sich die Sehnen so nahe als irgend möglich der Drehachse oder dem Drehpunkte anfügen, von der Last dagegen in größeren Weiten entfernt bleiben.

Fig. 70.



Indem aber die Natur diesen für die Ausdehnung unserer Bewegun- 792
gen so ersprießlichen Grundsatz meistentheils befolgte, berücksichtigte sie dennoch die Größe der gegebenen Muskelkraft und modificirte hiernach den Abstand des Angriffspunktes der Kraft von dem der Last. Der Deltoideus eines sehr starken Mannes, welcher sich erschossen hatte, wog [1]) mit

---

[1]) Die sämmtlichen Gewichte der Muskeln dieses Leichnams wurden von Theile behufs

seiner Sehne auf der rechten Seite 448,05 Grm., auf der linken 443,77 Grm., also durchschnittlich 445,91 Grm. Die drei linken Glutaei hatten im Ganzen, nachdem jeder von ihnen für sich bestimmt worden, ein Gewicht von 1309,01 Grm., also beinahe drei Mal so viel als der Deltoideus, welcher in ähnlicher Weise auf die obere, wie sie auf die untere Extremität, wirkt. Da nun aber diese nicht drei Mal so schwer als jene ist und die Längenunterschiede diese Abweichungen nicht ausgleichen, so erklärt sich hieraus, weshalb der Deltoideus bis zu dem obersten Dritttheile des Oberarmes hinabreicht, die Glutaei dagegen schon in der Nähe des großen Rollhügels, also entfernter vom Lastpunkte angreifen. Aus demselben Grunde sind die Muskeln des Oberarmes und des Oberschenkels größer als die des Vorderarmes und Unterschenkels und die letzteren bedeutender als die der Hand und des Fußes.

793 An Organen, welche keine großen Bewegungsexcursionen zu machen haben, werden die Hebel dritter Ordnung gleichsam auf ihr Minimum reducirt, d. h. der Angriffspunkt der Kraft und der der Last mit oder ohne den Drehpunkt fallen sehr nahe zusammen. Dieses sehen wir z. B. zum Theil an den kleineren Kehlkopfmuskeln, an den Fasern des Lingualis, an denjenigen der Gesichtsmuskeln, welche in die Haut ausstrahlen. An der Muskelhaut des Nahrungsschlauches endlich dient die Kraft der sich zusammenziehenden Muskelfasern als Druckwirkung, welche sich der Schleimhaut und den auf ihr liegenden Gebilden mittheilt. Indem aber die Pression in der Circumferenz allseitig erfolgt, schiebt sie den Inhalt des Schlauches in die Längenrichtung fort.

794 Ihren Principien getreu wird die Natur einen Hebel zweiter Ordnung, d. h. einen solchen, wo die Kraft an dem einen, der Drehpunkt an dem anderen Ende, und die Last zwischen beiden angebracht ist, nur da herstellen, wo besonders große Lasten durch verhältnißmäßig nicht sehr bedeutende Muskeln gehoben werden sollen, die Nothwendigkeit sehr starker Excursionen der ersteren aber hinwegfällt. Am deutlichsten sehen wir dieses am Fuße. Man betrachtet zwar diesen im Allgemeinen in seinem Verhältnisse zum Unterschenkel als einen doppelarmigen Hebel, dessen kurzen Arm der Calcaneus und dessen längeren der mittlere und vordere Theil des Fußes bildet. Allein einen solchen stellt er nur, wie wir bald sehen werden, in einzelnen selteneren Fällen, nicht aber bei dem Stehen und dem Emporheben der Ferse dar. Berührt er den Boden bei aufrechter Körperstellung seiner ganzen Länge nach, so haben wir nur einen einarmigen Winkelhebel abc (Fig. 71), welcher bald zwischen Metatarsus und Zehen bei a seinen Drehpunkt finden wird. Ueber dem Scheitel seines Winkels ruht die halbe oder ganze Körperlast (je nachdem wir auf zwei Füßen oder nur auf einem mit etwas zurückgeneigtem Oberkörper stehen), und zwar in der Richtung bd, welche der Gravitationslinie entspricht. Griffe z. B. im ersten Mo-

---

anderer Untersuchungen bestimmt. Die mir mitgetheilten in Granen gemachten Angaben habe ich der Gleichförmigkeit mit dem Folgenden wegen auf Grammen reducirt.

Fig. 71.

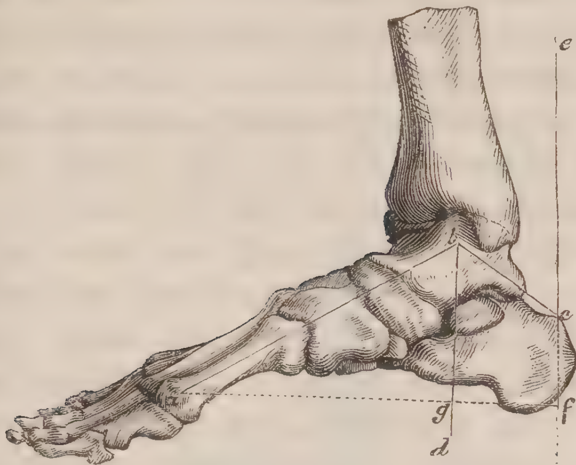
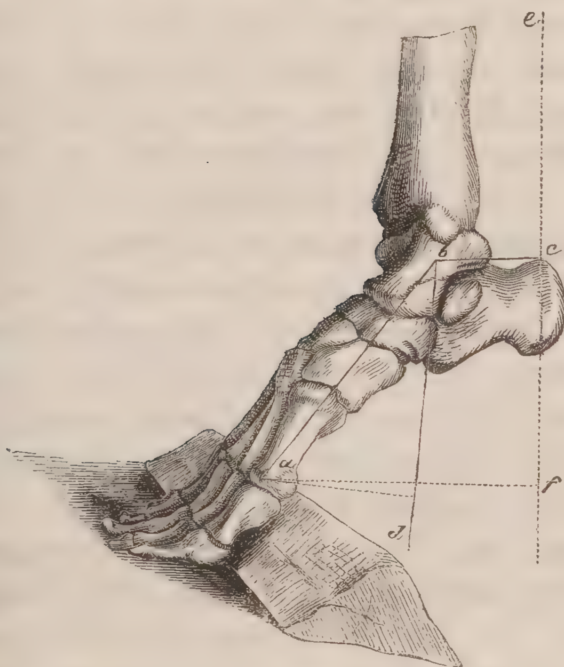


Fig. 72.



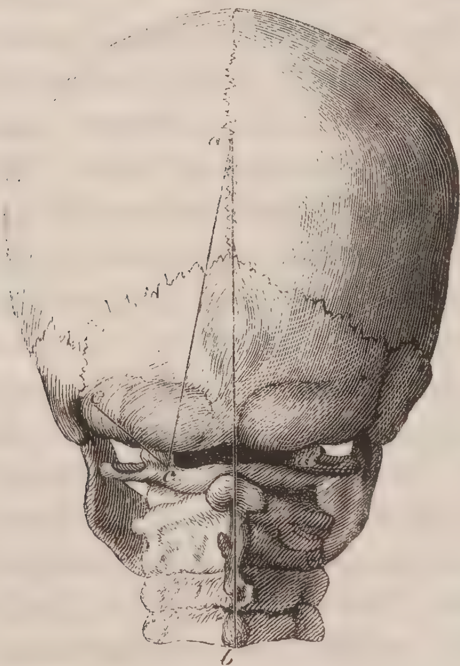
mente die Achillessehne als Kraft in der Direction ce, also unter dem Winkel bce an, so wäre das Kraftmoment der Gastrocnemii und des Soleus und Plantaris die Linie af. Sind aber ec und bd parallel, so ist das Kraftmoment der Last gleich ag. Mithin verhält sich die Wirkung der Muskeln zu der der Körperlast wie af : ag, d. h. die ersteren sind hier ausnahmsweise im Vortheil. Heben wir nun aber die Ferse in die Höhe und corrigiren die Verhältnisse durch Zurückbiegung des Oberkörpers dergestalt, daß unsere Schwerlinie noch immer durch das Gelenk zwischen Schienbein und Sprungbein senkrecht in bd hinabgeht, so dreht sich der Winkelhebel zweiter Ordnung um a. Allein die Angriffswinkel ändern sich für dieses Moment. Denn der der Last wird zu abd, d. h. spitzer, und der der Achillessehne zu bce. Die Kraftmomente der Muskeln und der Last verhalten sich daher wie ad : af, d. h. jene kommen in sehr begünstigte Verhältnisse.

Die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinung ist leicht einzusehen. Obgleich nämlich die Wadenmuskeln an und für sich eine nicht unbedeutende Größe besitzen, so stehen ihnen dennoch im Verhältniß zu den Lasten, welchen sie unter manchen Bedingungen das Gleichgewicht halten müssen, keine übermäßigen Kräfte zu Gebote. Bei dem oben erwähnten Manne, welcher von kolossaler Statur und 34 Jahr alt war, wogen auf der linken Seite die Gastrocnemii 460,47 Grm., der Soleus 422,59 Grm. und der Plantaris 13,84 Grm. Wir haben mithin für alle Muskeln, welche an dem Fersenbeine ziehen können, 896,90 Grm., d. h. noch nicht doppelt so viel als der Deltoideus und ungefähr $^2/_3$ so viel als die Glutaei. Dabei laufen die in keiner übermäßigen Menge vorhandenen Fasern der Gastrocnemii, des Soleus und des Plantaris eben so gut, als die des Deltoideus und der Glutaei, mehr oder minder schief. Nehmen wir nun an, daß jenes Individuum auch nur 70 Kilogr. wog — ein Werth, der bei der kolossalen Statur des sehr muskulösen und knochigen Mannes eher zu klein als zu groß sein dürfte — so hatten die Wadenmuskeln, wenn der Mensch, noch gar nicht

besonders belastet, auf einem Fuße stehend die Ferse emporhob, schon einem 78,047 Mal so starken oder einem 80fachen Widerstande das Gleichgewicht zu halten. Bedenken wir nun, daß jene Bewegung noch möglich bleibt, wenn selbst der Mensch mit andern Körpern beschwert ist, so erklärt es sich, weshalb die Natur hier von ihrem allgemeinen Grundsatze abweicht und statt eines Hebels zweiter Art einen solchen dritter Ordnung schafft, um die Kraft in ein günstigeres mechanisches Moment zur Last zu stellen.

795 Wenn Hebel erster Ordnung gebildet werden, so macht die Natur wiederum, ihrem Hauptprincipe getreu, da, wo größere Excursionen nothwendig sind, das Analogon von Hebeln dritter Art, d. h. sie bringt die Kraft an den kürzern, die Last an den längern Hebelarm an. Dieses sehen wir z. B. an dem Kopfgelenke. Bei aufrechter Stellung und gerade nach vorn gerichtetem Gesichte trifft die Schwerlinie des Kopfes die Mitte zwischen den Gelenkflächen des Hinterhauptbeines und des Atlas (W. und Ed. Weber). Wenn daher auch jener auf diese Weise auf dem ersten Halswinkel balancirt, so liegt doch sein Schwerpunkt sehr hoch, so daß er leicht nach vorn überstürzte, wenn er nicht durch die Strecker des Nackens sogleich zurückgehalten würde. Denken wir uns nun, a sei der Schwerpunkt, ab die Schwerlinie des Kopfes, c und d die Gelenkflächen des Hinterhauptes mit dem ersten Halswirbel und e des Processus mastoideus und Linea semicircularis superior ossis occipitis, so werden der Sternocleidomastoideus, der Splenius capitis und der Trachelomastoideus der linken Seite, wenn sie den Kopf in ihrer Richtung hinziehen sollen, in der Gestalt des Winkelhebels eca arbeiten. In den Scheitelpunkt c fällt der Drehpunkt. ec ist der kürzere Hebelarm der einwirkenden Kraft, ac der längere der widerstehenden Last, welche letztere in a concentrirt ist. Es wird sich daher wiederum die Kraft auf Kosten der Größe der Bewegungsexcursion im Nachtheil befinden. Aehnliche Deductionen lassen sich rücksichtlich der Bewegungen des Kopfes in der Richtung von vorn nach hinten oder der Thätigkeiten derjenigen Muskeln, welche die Processus spinosi, obliqui und transversi angreifen, für die verschiedenen Körperstellungen machen.

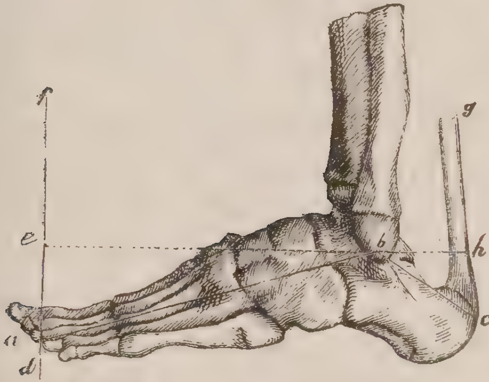
Fig. 73.



796 Ein und derselbe Theil kann nach Mannichfaltigkeit der äußeren Umstände dergestalt wirken, daß sich er bald als einen Hebel der einen, bald einen solchen einer anderen Ordnung darstellt. Wir haben z. B. gesehen, daß der Fuß bei dem Stehen und dem Aufheben der Ferse als ein Winkelhebel zweiter Art arbeitet. Die Kraft lag an dem einen Ende desselben, nämlich dem Fersenbeine, der Drehpunkt an dem anderen, den Metatarsus-

Zehengelenken und die Last, d. h. die Schwerlinie des Körpers ging an einem Orte zwischen beiden hinab. Sitzen wir aber z. B. mit über einander geschlagenen Knieen und heben und senken die Zehen des schwebenden Beines, so geht der Fuß in einen Hebel erster Art, welcher einem solchen dritter Ordnung analog ist, über. Denn er wird jetzt zu dem Winkelhebel abc, welcher in dem Scheitel seines Winkels b seinen Drehpunkt hat. Hinge z. B. an den Zehen eine Last w, welche in der Gravitationsrichtung ad unter dem Winkel dab angreift, und verlängern wir da zu df, so wird deren Moment be sein. Die Achillessehne cg arbeitet als Kraft unter dem Winkel gcb. Sind nun z. B. cg und df parallel, so beträgt das Kraftmoment der Wadenmuskeln bh. Die beiden Werthe ab und bh liegen für diesen Fall (nicht aber, wenn cg und df keine Parallelen darstellen) in einer geraden Linie, und wir haben daher einen idealen geradlinigten Hebel erster Ordnung eh, an dessen kürzerem Arme bh die Kraft und an dessen längerem be die Last darbietet. Die Wadenmuskeln verlieren unter diesen Verhältnissen ihre frühere Begünstigung, welche sie bei dem Stehen hatten. Sie arbeiten nicht mehr an einem Hebel zweiter Ordnung, bei welchem ihre Thätigkeit gegen die der Last im Vortheil ist, sondern an einem solchen erster Art unter Analogie eines Hebels dritter Ordnung. Den allgemeiner vorkommenden Verhältnissen entsprechend ist jetzt ihre Kraft zu Gunsten der Bewegungsexcursion der Zehen in Nachtheil gekommen.

Fig. 74.



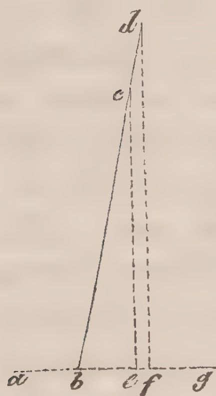
Aehnliche verschiedenartige doppelarmige Hebel treten unter mannich- 797
fachen Nebenumständen bei den meisten anderen Gelenken ein. Wählen wir als Beispiel das Ellenbogengelenk mit seinen Beugern und Streckern. Gesetzt, a sei der Mittelpunkt der Achse der Walze, welche an dem Charniergelenke des Ellenbogens durch den untersten Theil des Oberarmes dargestellt wird, b die Tuberositas radii, an welche sich die Hauptsehne des Biceps brachii anheftet, und c das Olecranon, welches der Triceps brachii angreift. Auf der Hand ruhe eine Last w, so daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt von dieser und dem

Fig. 75.



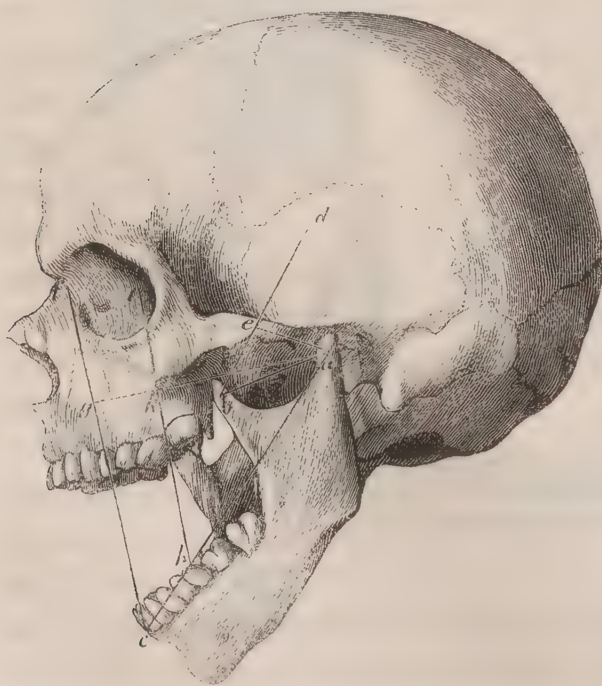
Vorderarme in d fällt, so können wir uns das Ganze als einen mathematischen Hebel da vorstellen, welcher in a seinen Drehpunkt und in d seine Last hat. Der Biceps wird ihn, wenn der Vorderarm mit dem Oberarme ungefähr einen rechten Winkel bildet, mit dem Arme ba unter dem spitzen Winkel bad und der Triceps mit dem Arme ca unter dem stumpfen Winkel cad angreifen. Bei stärkerer Flexion bewegt sich ursprünglich der Winkel bad, bei größerer Streckung cad. Wir haben also hier einen zweiarmigen Hebel nach dem Principe dritter Ordnung mit Beschränkung der Kraft und Erhöhung der Bewegungsgröße der Last. Legt aber z. B. der Mensch die Hand flach auf den Tisch, biegt das Ellenbogengelenk und läßt einen großen Theil seiner Körperlast auf diesem ruhen, so ändern sich die Verhältnisse, wenn z. B. der Triceps in Thätigkeit geräth, um Vorderarm und Oberarm in eine gerade Line zu bringen. Denn jetzt liegt der Drehpunkt, wenn ab die Linie der Hand darstellt, in dem Handgelenke b. Die Last wirkt mit dem Hebelarme cb, wenn in c der Drehpunkt des untersten Theiles des Oberarmes liegt und die Kraft mit db, wenn sich in d das Olecranon befindet. Verlängern wir ab zu ag und fällen die Perpendikel ce und df, so arbeitet die Last mit dem kleineren Momente ce und die Kraft mit dem größeren df, sobald b, c und d in eine grade Linie fallen. Der Triceps, der also gewöhnlich an einem Hebel dritter Ordnung thätig ist, erhält jetzt günstigere Bedingungen seiner Wirksamkeit.

Fig. 76.



798 Bei beschwerten Theilen kann natürlich diejenige Stelle, an welcher das Gewicht angebracht ist, in hohem Grade wechseln und auf diese Weise die Hebelverhältnisse verändern. Wenn z. B. die Last auf dem Vorderarme statt auf den Fingern aufliegt, so werden die Beuger des ersteren durch Verkürzung des Hebelarmes wesentlich erleichtert. Daher wir auch z. B. schon instinktmäßig ein Kind auf dem obern Dritttheile des Vorderarmes und nicht auf der Hand zu tragen pflegen. Eine Last, die auf dem Rücken des frei hängenden Fußes angebracht ist, kann aus demselben Grunde von den Wadenmuskeln eher bewältigt werden, als wenn sie auf den Zehen schwebt u. dgl. mehr. Daß aber auch die Natur selbst solche Momente nicht außer Acht lasse, lehrt am deutlichsten der Unterkiefer. Dieser hat die Form eines Winkelhebels. Sein Gelenkfortsatz dient als Drehwalze. Sein Processus coronoideus dagegen hat dieselbe Bestimmung,

Fig. 77.



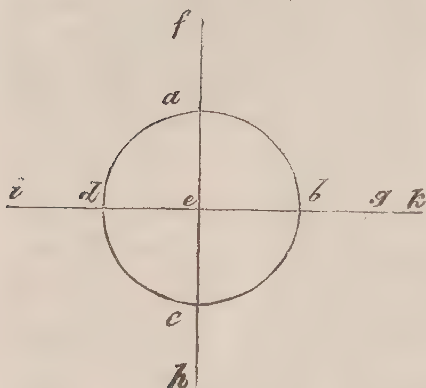
welche wir früher (§. 743) an dem großen Rollhügel des Oberschenkels und anderen Knochenfortsätzen erläutert haben, d. h. den Radius oder Hebelarm, unter welchem die keineswegs recht-, sondern spitzwinklig angreifende Sehne des Temporalis arbeitet, zu vergrößern. Denken wir uns, a (Fig. 77) sei der Drehpunkt des Unterkiefers im Kiefergelenke, so haben wir, wenn die Schneidezähne etwas zerbeißen sollen, für den Schläfenmuskel den Arm ba, welcher z. B. unter dba angegriffen wird. Sein Kraftmoment gleicht daher ae. Zerbeißen wir etwas mit den Schneidezähnen, so ist der Hebelarm der Last ca, welcher z. B. unter fca thätig ist und daher ein Lastmoment ag hat. Wenn dagegen der zu zerdrückende Gegenstand unter die Backzähne bei h kommt, so verkürzt sich der Hebelarm zu ak. Der Winkel iha wird, wenn cf und hf parallel bleiben, nur insofern ein anderer als gac und gah oder die Kaufläche der beiderlei Zähne von einander abweichen. Das neue Lastmoment verkleinert sich aber zu ak, d. h. der Schläfenmuskel verliert um so weniger Kraft, als ak kürzer geworden denn ag. Aehnliche Verhältnisse treten auch bei dem Masseter und den Pterygoidei ein. Die Backzähne werden daher für die gleiche Zusammenziehungsgröße kräftiger als die Schneide- und Eckzähne wirken. Daher auch sie von der Natur vorzugsweise mit Formen versehen worden, welche zu bedeutenderen und mehr vertheilten Druckwirkungen geschickt sind.

Nur diejenigen Muskeln, welche von fixen Knochentheilen entspringen und deren Angriffspunkte ihrer Weichheit wegen zu keinen starren Ausgangsstellen der Wirkung dienen können, üben einseitige Effecte aus. So z. B. beherrschen die meisten Gesichtsmuskeln die Gesichtshaut, besitzen aber auf die Ortsveränderung des Schädels keinen Einfluß. Auf gleiche Weise haben der Stylopharyngeus und Salpingopharyngeus die Kraft, den Schlundkopf in die Höhe zu heben, nicht aber von diesem aus auf die Bewegungen des Griffelfortsatzes und der Eustachischen Trompete zu wirken. Indem sich aber der größte Theil der Muskeln an verschiebbare Knochenpartieen ansetzt, vermag nicht bloß ihre Ansatzsehne, sondern auch ihre Ursprungsstelle als Angriffspunkt zu wirken. Hierbei werden natürlich die Hebelverhältnisse bald zum Vortheil, bald zum Nachtheil verändert. Häufig reguliren sich dann diese Verhältnisse je nach der Größe des Widerstandes auf die zweckmäßigste Weise. Stehen wir z. B. auf dem einen Beine und ziehen die andere Extremität durch den Psoas major und den Iliacus internus gegen die Bauchwand, so liegt der Drehpunkt in dem Hüftgelenke, der Angriffspunkt in dem kleinen Rollhügel und der Lastpunkt in dem Schwerpunkte der unteren Extremität. Da nun der letztere von dem Drehpunkte des Hüftgelenkes bedeutend weiter als der kleine Rollhügel entfernt ist, so befinden sich der große Lendenmuskel und der Darmbeinmuskel im Nachtheile. Führen diese aber den Rumpf, indem wir mit beiden Füßen auf dem Boden ruhen, nach vorn und unten, so bleibt zwar der Drehpunkt derselbe, allein der Schwerpunkt des Oberkörpers fällt in die Nähe des Promontorium und die genannten Muskeln erreichen günstigere Verhältnisse. In dem ersteren Falle gleicht jedoch auch nur die zu 799

überwindende Last dem Gewichte des einen Beines, in dem letzteren dem des Rumpfes, des Halses, des Kopfes und der oberen Extremitäten.

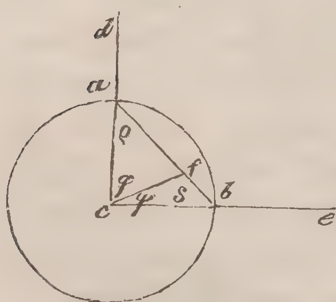
800 Wirken mehrere Muskeln auf ein und dasselbe passive Bewegungsorgan gleichzeitig ein, so müssen sich die Hebelverhältnisse ändern, sobald die Angriffspunkte verschieden sind oder der Zug in ungleichen Richtungen erfolgt. Die auf diese Weise erzeugten Wirkungen beruhen auf den Gesetzen der gleicharmigen oder ungleicharmigen Hebel und des Parallelogrammes der Kräfte. Wählen wir z. B. als das einfachste Paradigma die graden Augenmuskeln. abcd seien die Ansatzpunkte der letzteren an den senkrechten kreisförmigen Querschnitt der Sclerotica, dessen Mittelpunkt in e fällt. af sei die Kraft des Rectus superior, bg die des Rectus internus, ch die des Rectus inferior und di die des Rectus externus. Ist af = bg = ch = di und wie in diesem Falle immer feg = geh = hei = ief = 90°, so haben wir einerseits in ef und eh und anderseits in ei und eg gleiche, aber entgegengesetzte Hebelarme, d. h. bei gleichem Grade der Zusammenziehung oder Erschlaffung werden einander der Rectus superior und inferior und ebenso der Rectus externus und internus das Gleichgewicht halten. Zöge sich dagegen der letztere Muskel mit der Kraft ek, der äußere grade Augenmuskel hingegen mit der ei zusammen, so würde der Bulbus mit der freien Kraft gk nach innen gewandt werden.

Fig. 78.



Um uns die Wirkung zweier benachbarter grader Augenmuskeln zu vergegenwärtigen, können wir folgende Betrachtung anstellen. Gesetzt, der Rectus superior wirke mit ad, der Rectus internus dagegen mit be, so werden beide mit ihren ungleichen Kräften an dem Hebel ab arbeiten. Die Winkel, unter welchen sie angreifen, müssen immer die gleichen, nämlich 135° sein. Denn wir haben in dem Dreiecke abc bei c einen Rechten und ac = cb, folglich cab = cba = 45°; mithin dab = eba = 135°. Unter diesen Verhältnissen wird es für die statischen Momente vollkommen das Gleiche sein, ob der gleicharmige Hebel ab bei a und b von den ungleichen Kräften ad und be in Angriff genommen wird oder ob an ihm gleiche Kräfte arbeiten, während sich die Hebellängen af und fb umgekehrt wie die ursprünglichen Kräfte verhalten. Wir haben mithin bf : af = ad : be. Nun verhält sich cf : af = $\varrho : \varphi$ und cf : fb = $\varsigma : \psi$. Also cf = $\frac{af \cdot \varrho}{\varphi} = \frac{fb \cdot \varsigma}{\psi}$. Es war aber $\varrho = \varsigma$. Daher $\frac{ag}{\varphi} = \frac{gb}{\psi}$, d. h. ag : gb = $\varphi : \psi$. Es war $\psi = 90^0 - \varphi$, d. h. also durch die ungleichartige Wirkung des Rectus superior und des Rectus in-

Fig. 79.



ternus wird das Auge dergestalt schief gezogen, daß sich der Neigungswinkel gegen die größere Kraft zu dem gegen die geringere wie die letztere zur ersteren verhält. Oder der Neigungswinkel der stärkeren Kraft gleicht 90° multiplicirt mit der schwächeren Kraft und dividirt durch die Summe beider Kräfte. Das Quantum der Mittelkraft wird natürlich, wenn man es mit rechten Winkeln zu thun hat, der Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelkräfte entsprechen.

Arbeiten, z. B. die beiden genannten Muskeln mit gleichen Kräften, so wird natürlich der Zugwinkel 45° sein, d. h. gerade in der Mitte zwischen der Senkrechten und der Horizontalen liegen. Wäre aber z. B. die Thätigkeit des Rectus superior $1\frac{1}{2}$ Mal so stark, als die des Rectus internus, so hätten wir für den Neigungswinkel $x = \frac{90^\circ}{1 + 1{,}5} = 36^\circ$, d. h. der Augapfel wird dergestalt schief gezogen, daß er um 36° von der Senkrechten und um 54° von der Horizontalen abweicht. Die Größe des Zuges gliche in dem ersteren Falle $\sqrt{2} = 1{,}4142$.

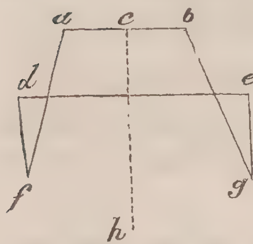
Indem analoge Verhältnisse bei den meisten Muskeln unsers Körpers 801
(jedoch häufig mit Abweichungen der Winkel) wiederkehren, entsteht eine unendliche Reihe möglicher Modificationen der Zugrichtungen. Die wichtigsten Normen, welche in dieser Beziehung hervortreten, lassen sich auf folgende Punkte zurückführen:

1) Vermöge der seitlichen Symmetrie unserer Körperorgane bilden alle gleichnamigen Muskeln des Kopfes und des Rumpfes, sofern sie auf die Longitudinalachse der Wirbelsäule und deren Verlängerung nach dem Kopfe in rein seitlicher Direction wirken, entgegengesetzte Kräfte oder Arme eines Hebels erster Ordnung, dessen Drehpunkt in die genannte Längenachse fällt. Wenn sich z. B. die Intertransversarii der rechten Seite ebenso viel, als die der linken zusammenziehen, so wird Gleichgewicht herrschen, d. h. es wird sich die Wirbelsäule weder nach der einen noch nach der andern Seite neigen. Der Drehpunkt dagegen wird mit der doppelten Kraft der Zusammenziehung der Intertransversarii der einen Seite beschwert sein. Ueberwiegt dagegen die Contraction der rechten Querfortsatzmuskeln, so muß die Wirbelsäule mit dem Unterschiede der rechten und linken Intertransversarii nach rechts geführt werden. Die Thätigkeit dieser Muskeln ist mithin vorzugsweise auf die Bewegung der Höhe gerichtet. Aehnliche Verhältnisse gelten für die Transversales cervicis, Semispinales colli et dorsi, Scalenus anticus, medius und posticus rücksichtlich des Halstheiles und der Quadrati lumborum in Betreff der Lendenparthie der Wirbelsäule. Aus dem gleichen Grunde sind z. B. der Tibialis anticus und die Peronaei für die Seitenränder des Fußes Antagonisten, während sie, wenn sie zusammenwirken, den ganzen Fuß im Fußgelenke vorn emporheben.

2) Schon bei den genannten Muskeln gewinnt die Natur dadurch an Vielseitigkeit der Bewegungen, daß die Fläche, welche durch die Ansatzpunkte der seitlich symmetrischen Muskeln geht, mit derjenigen Ebene nicht zusammenfällt, welche durch die Drehaxe und den Ansatzpunkt der Muskeln der einen Seite läuft. Es arbeiten daher zwar die entsprechenden Seitenparthieen für die lateralen Richtungen entgegengesetzt und heben sich bei gleichen Kräften in dieser Hinsicht wechselseitig auf. Allein jeder

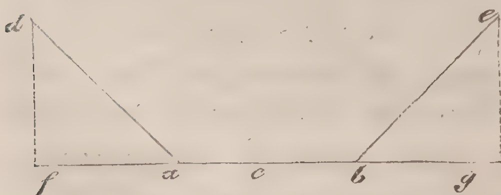
Grad ihrer Contraction geht deshalb nicht verloren, sondern erhält einen positiven Effect nach vorn oder hinten. Man sieht leicht, daß durch dieses Princip verhütet worden, daß jeder, selbst der geringste Grad von Muskelcontraction in Erhaltung des seitlichen Gleichgewichtes nutzlos verschwendet werde, sondern zugleich in anderen Richtungen seine Energie entwickeln könne. Einen sehr einfachen Beleg dieser Verhältnisse geben die beiden Sternocleidomastoidei. Nehmen wir z. B. an, ab sei die Achse, um welche sich der Kopf in den Hinterhauptsgelenken dreht und c der Mittelpunkt derselben. Bei d und e befinden sich die beiden Processus mastoidei, die gleichweit von a und b und mithin auch von c, aber nach außen von diesen Punkten liegen. Greifen nun die beiden Sternocleidomastoidei mit den gleichen Größen df und eg und den gleichen Winkeln fde und ged an, so werden sie die Axe ab nach keiner Seite hin drehen können. Denn sie arbeiten an ab unter den in jeder Beziehung gleichen Winkelhebeln fac und gbc. Griffen sie daher bei b und a an, so ginge in diesem Falle alle ihre Kraft zur Herstellung des Gleichgewichts verloren. Indem aber die Natur den Kopf von hinten nach vorn und umgekehrt beweglich macht und die Processus mastoidei nach außen von dem Hinterhauptsgelenk verlegt, so wird zwar dann keine seitliche Neigung des Kopfes zu Stande kommen; allein dieser wird mit der doppelten Kraft von ch nach vorn und unten geführt werden. Arbeiten beide Sternocleidomastoidei mit ungleichen Kräften, so kann hierdurch, wie man leicht sieht, eine unendliche Reihe von Variationen der Neigung nach vorn und nach den Seiten hervorgerufen werden. Ein ähnliches Princip läßt sich auf die ganze Wirbelsäule ausdehnen. Nie liegen hier der Drehpunkt und die Anheftungspunkte der beiden seitlichen symmetrischen Muskeln in einer Ebene. Immer bilden die beiderlei Durchgangsflächen im Querschnitt gleichschenklige Dreiecke. Aus diesem Grunde arbeiten z. B. die Longi colli und Scaleni für die Beugung des Halstheiles, die sämmtlichen Nacken- und Rückenmuskeln für die Streckung oder Drehung des Kopfes und der Wirbelsäule bei weitem vielseitiger, als wenn ihre Hebel in ihren Drehpunkten nur in einseitigeren Richtungen beweglich gewesen wären.

Fig. 80.



3) Am Gesichte haben wir häufig trotz der seitlichen Symmetrie bei der gleichen Zusammenziehung der analogen aber entgegengesetzt wirkenden Muskeln keine Ruhe, sondern Veränderung, weil die Angriffspunkte selbst nicht fest, sondern beweglich sind. Es bezeichne z. B. ab die Linie, welche von einem Mundwinkel zum andern verläuft. Diese werde in c halbirt. Greifen z. B. die beiden Zygomatici majores unter den gleichen Winkeln dac und ebg und mit den gleichen Kräften da und eb an, so könnte keine Bewegung in der horizontalen Richtung, wenn a und b fix wären, erfolgen. Da dieses aber nicht der Fall ist, so führt da mit der

Fig. 81



Kraftwirkung df den Punkt a und ebenso eb mit der von eg den Punkt b nach außen und zum Theil nach oben. Die Mundspalte wird auf diese Art erweitert. Hier fällt also die größte Entfernung der Endpunkte a und b von dem Mittelpunkte c mit dem Maximum der Contraction der Zygomatici zusammen. Das Umgekehrte haben wir bei den Kreismuskeln, wie den Schließern der Augen, des Mundes, des Afters, der Blase, den Verengern der Scheide, den Röhrenmuskeln des Nahrungsschlauches. Denn hier entspricht die größte Erschlaffung dem Maximum und die größte Zusammenziehung dem Minimum des Lumen.

4) Da die Extremitäten seitlich symmetrisch an dem Rumpfe angebracht sind, so verhalten sie sich im Ganzen wie gleiche, aber entgegengesetzt wirkende Theile. Wenn sich z. B. beide Deltoidei bei derselben Fixation des Schultergelenkes in gleichem Maaße zusammenziehen, so entfernt sich der eine Arm ebenso weit als der andere von jedem Punkte der Mittellinie. An jeder einzelnen Extremität dagegen treten abweichende Verhältnisse hervor. Schon am Rumpfe nämlich halten sich, wie wir gesehen haben, die analogen Muskeln an beiden Seiten, nicht aber in der Richtung von vorn nach hinten das Gleichgewicht. An dem Arme und dem Fuße dehnt sich das Princip der Ungleichheit fast auf alle Dimensionen aus. Eine wahre Wiederholung derselben Muskeln in seitlichen Reihen haben wir nur an den Fingern und Zehen, und selbst eine symmetrische Vertheilung gleich wirkender Muskeln erscheint nur unvollständig und ausnahmsweise, wie z. B. bei den Flexoren und Extensoren der Handwurzel. Dagegen halten sich hier ungleichartige Muskeln und Muskelgruppen in den verschiedensten Directionen das Aequiliber. So z. B. in der Richtung von vorn und hinten die Flexoren und Extensoren, in der von außen nach innen die Abzieher und Anzieher und in schiefer drehender Bahn die Pronatoren und Supinatoren. Hierbei arbeiten häufig ungleiche Kräfte gegen einander, so daß äußere Nebenmomente, wie z. B. die Länge und die Verhältnisse der Schwere der Hebel hinzutreten müssen, wenn Gleichgewicht zu Stande kommen soll.

5) Es versteht sich von selbst, daß zwei oder mehrere Muskeln, welche denselben Hebel angreifen und sich nicht gänzlich aufheben, als componirende Wirkungen, die nach den Gesetzen des Parallelogrammes der Kräfte einen Mitteleffect erzeugen, auftreten. Selbst die einzelnen Abtheilungen eines und desselben Muskels, z. B. des Deltoideus, vermögen auf diese Weise zu wirken. Hierdurch können natürlich die Richtungen der bewegten Theile auf das mannichfachste verändert und die Functionen der anregenden Kräfte wesentlich modificirt werden. Bisweilen aber benutzt die Natur die Erscheinungen des Kraftparallelogrammes für die ursprüngliche Herstellung von Muskelgruppen. Wenn diese nämlich nicht in der Richtung der Mittelkraft mit gleichem Vortheile angebracht werden konnten, so finden sich zwei seitliche Componenten, welche sich zur Mittelrichtung vereinigen. Ein deutliches Beispiel der Art haben wir an dem Psoas major und Iliacus internus. Abstrahiren wir von den Fasern des letztern, welche an das Schenkelbein selbst gehen, so bilden beide Muskeln nur einen zwei-

gabligen Theil, dessen Aeste zwar isolirt wirken können, meist aber gemeinschaftlich arbeiten. Liegt nun z. B. bei c der kleine Rollhügel und geht der Zug des Psoas major in der Richtung ca und der des Iliacus internus in der von cb, so wird natürlich ein Mittelzug cd zu Stande kommen. Wäre in dieser Direction nur eine Muskelmasse angebracht worden, so hätte nicht die breite Oberfläche des Darmbeines zu ihrem größten Theile als Ausgangspunkt benutzt werden und selbst der Psoas nicht so vollkommen hergestellt werden können. Indem aber dieses erzielt worden, vermögen überdies noch Psoas und Iliacus isolirt zu arbeiten.

Fig. 82.



802 Mit dem Namen der Antagonisten belegen wir alle Muskeln und Muskelgruppen, welche einander in irgend einer Richtung das Gleichgewicht halten können. Hierher gehören z. B. die seitlich symmetrischen Muskeln der Wirbelsäule, die Flexoren und Extensoren, die Adductoren und Abductoren, die Pronatoren und Supinatoren u. dgl. Man sieht aber leicht, daß diese Bezeichnung nur eine relative ist. Die seitlich symmetrischen Muskeln der Wirbelsäule bilden zwar für die Breitenachse Antagonisten. Allein in Betreff der Richtungen von vorn nach hinten summiren sich ihre Wirkungen und haben ihre gemeinschaftlichen Antagonisten vor der Wirbelsäule. Bei den reinen Charniergelenken, wie z. B. an dem Ellenbogen, sind zwar die Flexoren und Extensoren strenge Antagonisten; wo jedoch die Bewegungen, wie z. B. am Kniegelenke, freier werden, tritt dieses reine Verhalten auch schon in den Hintergrund. Der Biceps femoris z. B. ist zwar ein Antagonist des Rectus, der Vasti und des Cruralis, sobald die untere Extremität im Knie gestreckt wird; ist sie dagegen gebogen, so kann der zweiköpfige Schenkelmuskel den Unterschenkel drehen und tritt daher in andere antagonistische Verhältnisse. Ebenso ändern sich diese Momente je nach den Angriffspunkten des Muskels selbst. Wirkt z. B. der Gastrocnemius auf das Fersenbein, so arbeitet er als Strecker des Fußes. Greift er dagegen bei Fixation der Ferse mit seinen Ursprungssehnen an, so ist er als Beuger des Oberschenkels thätig. Endlich brauchen nicht immer zwei Muskelgruppen die Antagonisten darzustellen. Die Lage des Schwerpunktes, die Verschiedenheit der Länge des angreifenden Hebelarmes und andere Nebenmomente können einen Theil des Widerstandes, der sonst auf den Antagonisten fiele, übernehmen. Aus diesem Grunde haben auch häufig antagonistische Muskelgruppen bei nicht sehr abweichenden Angriffswinkeln und Angriffspunkten ungleiche Mengen von Muskelfasern. Indem z. B. die Schwerlinie des Körpers vor dem größten Theile der Wirbelsäule herabgeht, sind die Beuger der letzteren immer schwächer als die Strecker. Am Halse werden die Flexoren nahe an den Wirbelkörpern angebracht, so daß sie mit kurzen Hebelarmen gleich den Streckern wirken können. An der Brust und dem Bauche dagegen helfen die Bauchmuskeln erst durch Vermittlung der Rippen mit längern Hebelarmen nach.

803 Wie wir in der Folge sehen werden, hängt die Größe der möglichen Verkürzung einer Muskelfaser von ihrer Länge ab. Die Kraft eines jeden

Muskels dagegen wird nicht durch seine Longitudinalausdehnung, sondern durch die Zahl der in ihm enthaltenen Fasern bestimmt. Das Volumen giebt uns daher gar keinen Maaßstab für die Energie einer Muskulatur, weil sich die Zahl und die Länge der contractilen Elemente zweier verschiedener Muskelmassen wechselseitig compensiren können, ohne daß sich das Verhältniß ihrer Kräfte auf entsprechende Art ändert. Der Sartorius z. B. würde die gleiche Energie entwickeln, wenn er nur einen Centimeter lang wäre. Erreicht er aber eine Longitudinalausdehnung von 5 Decimeter, so kann er sich dadurch nur in größerem Maaße verkürzen. Seine Kraft gewinnt dabei nicht das Geringste. Da das specifische Gewicht mehrerer Muskeln eines und desselben Körpers nicht wesentlich verschieden ist, so gilt das eben Gesagte auch von der absoluten Schwere derselben.

Die meisten Physiker und Physiologen haben dieses Theorem außer 804
Augen gelassen, wenn sie die Größe oder das Gewicht der Muskeln als Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Kräfte derselben betrachteten. Diese Verhältnisse bilden nur eine Function des statischen Momentes, d. h. des Produktes der möglichen Längenverkürzung und der Kraftgrößen derselben. Sie geben ein Resultat, welches physiologisch nur ein sehr specielles und durchaus kein allgemeines Interesse besitzt. Will man daher über das Vorherrschen der Flexoren oder Extensoren z. B. an verschiedenen Extremitäten des Menschen oder einzelner Thiere urtheilen, so müssen wir eher in den Lebenserscheinungen und den nervösen Verhältnissen, als in den Muskelgewichten sichere Anhaltpunkte suchen.

Da die Längen der Beuger und Strecker des Ellenbogen- und Knie- 805
gelenkes des Menschen keine so erhebliche Differenzen darbieten, daß die Eigenthümlichkeiten der Verhältnisse der Kraftwirkungen rücksichtlich des Volumens vollkommen aufgehoben würden, so haben hier die Extensoren ein größeres absolutes Gewicht als die Flexoren. An der Hand dagegen kehren diese Verhältnisse nur rücksichtlich der Pronation und Supination wieder, schlagen aber in Betreff der Beugung und Streckung ins Umgekehrte um. Als Beleg hierfür dienen die nachfolgenden Zahlen, welche von Theile an dem schon oben (§. 794) erwähnten Selbstmörder bestimmt worden.

1. Hand.

a. Beugung und Streckung.

Beuger.	Gewicht in Grm.	Strecker.	Gewicht in Grm.
Flexor digitorum communis sublimis	108,43	Extensor digitorum communis	44,71
Flexor digitorum communis profundus	123,33	Extensor digiti quinti .	10,43
Lumbricales manus . . .	5,59	Extensor indicis . . .	10,87
Flexor pollicis longus . .	24,47	Extensor pollicis longus .	11,18
Flexor pollicis brevis [1]) .	21,99	Extensor pollicis brevis .	5,78
Flexor digiti quinti	2,29		
Summe .	286,10	Summe .	82,97

b. Pronation und Supination.

Pronation.	Gewicht in Grm.	Supination.	Gewicht in Grm.
Pronator teres	52,66	Supinator longus . . .	77,13
Pronator quadratus	13,54	Supinator brevis . . .	28,07
Summe .	66,20	Summe .	105,20

2. Ellenbogen.

Beuger.	Gewicht in Grm.		Strecker.	Gewicht in Grm.	
	rechts	links		rechts	links
Biceps brachii . .	184,19	196,92	Triceps brachii . .	348,88	390,30
Brachialis internus .	164,57	180,40	Anconeus quartus .	12,23	12,79
Summe	348,76	377,32	Summe	361,11	403,09

3. Linkes Knie.

Beuger.	Gewicht in Grm.	Strecker.	Gewicht in Grm.
Semitendinosus	193,94	Rectus femoris	271,50
Semimembranosus . . .	215,68	Vasti externus und internus nebst cruralis . .	1391,04
Biceps femoris	344,04		
Summe .	753,66	Summe .	1662,54

[1]) Der Flexor pollicis brevis und der Adductor pollicis waren an der linken Seite nicht scharf von einander geschieden. Beide zusammen wogen 432 Grn. Recht…

Es verhalten sich mithin die Beuger zu den Streckern:

an den Fingern	= 286,10 :	82,97	= 1 : 0,29.
am rechten Ellenbogen	= 348,76 :	361,11	= 1 : 1,035.
am linken Ellenbogen	= 377,32 :	403,09	= 1 : 1,068.
am linken Knie	= 753,66 :	1662,54	= 1 : 2,206.

Die Proportion der Pronatoren und Supinatoren der Hand ist = 66,20 : 105,20 = 1 : 1,589.

Die entsprechenden Muskeln der beiden Seitenhälften haben zwar un- 806
gefähr dieselbe Länge, die gleiche Kraft und dasselbe Volumen. Allein auch in dieser Beziehung finden, wie wir an den Extremitäten am deutlichsten wahrnehmen, untergeordnete Differenzen, die sich auf ein bestimmtes Kreuzungsverhältniß zu beziehen scheinen, Statt. Der rechte Arm ist nämlich im Allgemeinen stärker und geschickter, als der linke, während an den Beinen eher das Umgekehrte eintritt. Bietet dagegen die linke obere Extremität ein größeres Kraftmoment dar, so wird auch oft das rechte Bein vor dem linken bevorzugt. Bei dem oben erwähnten Selbstmörder z. B. waren die Muskeln des linken Armes fast durchgehends schwerer, als die des rechten. Die Strecker des rechten Kniees dagegen übertrafen die des linken an Masse. Es versteht sich übrigens von selbst, daß der Einfluß der Gewohnheit und der Uebung diese Cardinalverhältnisse wesentlich abzuändern vermag.

Je zwei antagonistische Muskeln oder Muskelgruppen werden einander 807
das Gleichgewicht halten, wenn ihre mechanischen, nicht aber ihre bloßen Kraftmomente die gleichen sind. Aus diesem Grunde kann auch jenes Ziel durch ungleichartige, aber entgegengesetzt wirkende und mit ungleichen mechanischen Nebenmomenten versehene Muskelmassen erreicht werden. Wahrscheinlicher Weise regulirt sogar die Natur die Verhältnisse dergestalt, daß sie das Gleichgewicht nicht durch eine ungleiche Intensität der Zusammenziehung, sondern durch die Quantität der Muskelfasern von vorn herein bedingt.

In der Regel stellt man sich vor, daß sich die Antagonisten durch 808
ihre Contractionszustände im Schach halten, daß sich z. B. die Beuger bei ruhigen Mittellagen verhältnißmäßig eben so viel zusammenziehen, als die Strecker, und daher hierdurch ein Mittelstand der entsprechenden Hebel resultirt. Man glaubt dieses daraus schließen zu können, daß sich ein von seinem Anheftungspunkte losgeschnittener oder in seiner Mitte quer getrennter Muskel zurückzieht, daß nach einem Knochenbruche dasselbe erfolgt und sich angeblich nach Lähmung der Extensoren die

---

gegen betrug das Gewicht des ersteren 345 Grn., das des letzteren 76 Grn. Es wurde daher das Gewicht des linken Flexor pollicis brevis zu $\frac{432 \times 345}{421}$ = 354,02 Grn. = 354,02 × 0,0621 Grm. = 21,99 Grm. angenommen. Das Gleiche fand in Betreff des Flexor digiti quinti Statt. Links wog er mit dem Abductor digiti quinti 238 Grn. Rechts glich der erstere 30 Grn., der letztere dagegen 164 Grn. Wir haben mithin für den linken Beuger des kleinen Fingers $\frac{238 \times 30}{194}$ = 36,8 Grn. = 2,29 Grm.

ihrer Antipoden beraubten Beuger unbeschränkt contrahiren. Wäre dieses der Fall, so müßten alle Muskeln des Körpers in einer fortwährenden Zusammenziehung begriffen sein. Allein eine genauere Betrachtung lehrt, daß eine solche Verschwendung von Contractionsenergie wenigstens in irgend ausgedehnterem Maaße wahrscheinlicher Weise nicht Statt findet. Jeder Muskel widersteht von selbst dem Maximum seiner Ausdehnung und gelangt nur zu diesem, wenn er durch eine entsprechende Widerstandskraft überwunden wird. Bei dem luftdichten Verschlusse der Gelenke, bei der Straffheit der Bänder und der Aponeurosen sind die mechanischen Verhältnisse so beschaffen, daß es meistentheils für den Zustand der Ruhe gar keiner ferneren Muskelzusammenziehung bedarf, um gleiche statische Momente, d. h. das Gleichgewicht zu erzeugen. Die beiderseitigen antagonistischen Muskeln ruhen daher im strengsten Sinne des Wortes, d. h. sie sind nicht auf das Maximum ihrer Länge ausgedehnt, sondern nur so weit verkürzt, daß die anderen Factoren der statischen Momente mit dem Minimum organischer Anstrengung das Gleichgewicht hervorbringen können.

Die Störungen des regelrechten Antagonismus rufen die große Reihe orthopädischer Gebrechen hervor, deren Heilung man erst in neuerer Zeit auf richtigere physiologische Principien zu reduciren anfängt. Sie hängen aber keineswegs bloß von den Muskeln, sondern von den sämmtlichen Bedingungen der statischen Momente ab. Zuvörderst können daher die Hebel selbst das Gleichgewicht aufheben. Sind z. B. die Wirbel ungleich ausgebildet oder asymmetrische Stücke zwischen ihnen eingeschoben, so werden dieselben symmetrischen Rückenmuskeln, sofern sie nicht ihre Ansatzpunkte ändern, nicht mehr das Aequiliber halten. Eben so müssen zu straffe oder zu laxe Bänder, Verkürzungen oder Verlängerungen der Aponeurosen, zu nahe oder zu fern gelegene Sehnenansätze u. dgl. zu Verkrümmungen oder Verschiebungen Veranlassung geben. Die Muskeln selbst stören vorzüglich auf dreierlei Weise das Gleichgewicht. 1) Sie sind ursprünglich kürzer als ihre Antagonisten. Diese Längenverminderung, welche sowohl die Muskelfasern als die Sehnen treffen kann, findet besonders in vielen Fötalverhältnissen wesentliche begünstigende Momente, weil solche Zustände nicht selten in früheren Zeiten des Embryonallebens die Norm bilden und mehr oder minder einseitig zurückbleiben können. Hierher gehören z. B. die zu geringe Länge der Sehnen der Fingerbeuger, so daß die Phalangen nicht vollkommen in eine grade Linie gebracht werden können, mannigfache Formen der Klumphände und Klumpfüße u. dgl. 2) Die Muskeln sind zwar ihren Größen und Massen nach auf eine den Widerständen entsprechende Art regelrecht äquilibrirt. Allein die Intensität der Kraftwirkung der einen Muskelgruppe ist krankhafter Weise erhöht, während die der anderen ihr Normalverhältniß beibehalten hat. Nach dem oben erörterten Gesetze aber macht die Natur wahrscheinlich immer im gesunden Zustande die Massen den statischen Widerständen proportional, um die Contractionsgrade gleich wirken zu lassen. Es muß daher in dem obigen Falle eine einseitige Feststellung des Hebels zu Gunsten der intensiver zusammengezogenen Muskulatur erfolgen. Auf diese Weise haben wir z. B. durch Ueberwiegen der Contractionsenergie des einen Sternocleidomastoideus ein sogenanntes Caput obstipum, durch ein solches der einen Seite der Strecker des Halses oder des Rückens Verkrümmungen der Wirbelsäule, durch vorherrschende Thätigkeit des Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus Contracturen des Kniegelenkes u. dgl. mehr. Nicht immer brauchen sich Mißverhältnisse der Art durch äußere Verunstaltungen zu erkennen zu geben. Wenn z. B. der Rectus internus des Auges über den Rectus externus ein bleibendes Uebergewicht gewinnt, so entsteht ein sogleich auffallendes Schielen nach innen. Allein dieses wird nicht immer, wie wir bei dem Sehen finden werden, auf der Stelle kenntlich, wenn der Obliquus superior oder inferior das Maaß ihrer Zusammenziehungsthätigkeit überschreiten. Endlich 3) kann eine Parthie von Muskeln durch Leiden des Nervensystems gänzlich gelähmt, eine andere dagegen in ihren Thätigkeiten erhöht sein. Auf diese Weise werden z. B. bei manchen Rückenmarkskrankheiten die Kniee dergestalt gebeugt, daß die Fersen anhaltend dem Gesäße anliegen. Die näheren Ver-

hältnisse dieser Erscheinungen sollen in der Nervenphysiologie erörtert werden. Bei den Specialbewegungen des Menschen finden sich diejenigen Muskeln, welche sich bei den vorzüglichsten orthopädischen Gebrechen desselben betheiligen, verzeichnet.

Wenn wir die Muskeln, Sehnen oder Aponeurosen der verkürzten Gebilde behufs der Heilung solcher Leiden, durchschneiden, hierauf die Theile in ihre möglichst natürliche Lage bringen und in dieser zu erhalten suchen, so rechnen wir darauf, daß sich das Interstitium, welches zwischen den Durchschnittsflächen entstanden, mit neuer zellgewebiger Masse ausfülle und so die krankhaft verkürzten Theile verlängere. Bei den Sehnen erzeugt sich zunächst um die Durchschnittsstellen und längs des zwischen ihnen befindlichen Raumes eine Art Kapsel, welche sich dann mit zellgewebigen Narbenfasern ausfüllt. Unsere Berechnung beruht dann vorzüglich auf zweierlei Voraussetzungen. Sind die Theile ursprünglich verkürzt gewesen, so gewinnen sie durch die Operation und deren Nachbehandlung an der ihnen fehlenden Länge. War die Contractionsenergie zu stark, so kann sie zwar bisweilen schon durch die bloße Verlängerung der Sehnen compensirt werden; allein mehr als dieses leistet die Uebung. Wie z. B. wohlgebildete Menschen, welche viel schreiben, nähen und ähnliche mit stärkeren Zusammenziehungen der Schultermuskeln verbundene Beschäftigungen treiben, nicht selten schief werden, so kann sich umgekehrt ein zu sehr contrahirter Muskel, der eine Zeit in der gehörigen gestreckten Lage erhalten wird, auf sein normales Zusammenziehungsmaaß reduciren. Jene Extension aber wird leichter zu bewirken sein, wenn der Hebel fix, als wenn er mobil ist. Daher bleiben z. B. Contracturen des Kniegelenkes, Klumpfüße, an denen man die entsprechenden Sehnen durchschnitten hat, geheilt, während Kranke, denen man z. B. den Rectus internus getrennt, nicht selten nach 1 oder 2 Jahren von Neuem zu schielen beginnen.

Wenn ein Muskel zu sehr verkürzt ist, so werden wir dieser seiner Neigung ebenfalls entgegenwirken, wenn wir seinen Antagonisten stärker üben oder ihm häufigere Veranlassung geben, durch seine Contraction den zu sehr zusammengezogenen Theil zu überwinden. Ein energisches Verfahren der Art wird ihn endlich zu seinem Normalverhältnisse zurückführen. Er wird auf diesem beharren, wenn nicht die früheren Gelegenheitsursachen seine alten Bestrebungen als Reminescenzen erneuern. Auf diesem Principe beruhen die gymnastischen Uebungen, welche wir bei orthopädischen Leiden der Wirbelsäule, der Schulter u. dgl. in Gebrauch ziehen. Gewaltsame Zerrungen durch zu langes Anhängen an queren Stangen, durch zu starke Spannung auf Streckbetten oder in anderen Maschinen stehen eben so sehr den Forderungen der Physiologie, als den Resultaten der chirurgischen Erfahrung entgegen.

Wir combiniren bestimmte Muskelgruppen durch den Einfluß des Ner- 809
vensystemes entweder willkürlich oder unwillkürlich, um gewisse Hebelbewegungen bewußt oder unbewußt zu erreichen. Instinkt und Gewohnheit leiten hierbei zu den zweckmäßigen Verbindungen. Manche derselben, wie z. B. die Athembewegungen, der Herzschlag, erfolgen periodisch; andere, wie z. B. die Ortsveränderung des einen Auges sympathisch mit der des andern; noch andere, wie die des Darmes, nur nach gewissen äußeren Reizen, aber unbewußt, und endlich wieder andere, wie z. B. bei dem Schreiben, dem Gehen u. dgl. durch den Einfluß innerer Irritamente und bewußt. Der Grund dieser sämmtlichen Verschiedenheiten, sowie der ursprünglichen Combinationen selbst liegt immer in den Erregungen, welche von den motorischen Nerven auf primärem oder secundärem Wege ausgehen. Aus dieser Ursache gehört auch die nähere Betrachtung der sämmtlichen genannten Erscheinungen nicht hierher, sondern in die Nervenphysiologie.

Numerische Verhältnisse der Muskelzusammenziehung. — 810
Jede Muskelfaser geräth selten und sogar in der Regel nur unter krankhaften Nebenbedingungen in das Maximum ihrer Verkürzung oder Erschlaffung. Meistentheils vielmehr spielt sie in Mittelstadien oder wenigstens in Contractionsgrößen, welche von den beiden genannten Extremen mehr

oder minder fern stehen. Aus diesem Grunde sind auch die numerischen Mittelwerthe, welche hierbei zu Stande kommen, von größerem praktischen Interesse, obgleich sie nicht diejenige Schärfe der Bestimmungen und Folgerungen gestatten, welche den Maximis und Minimis überall zukommen.

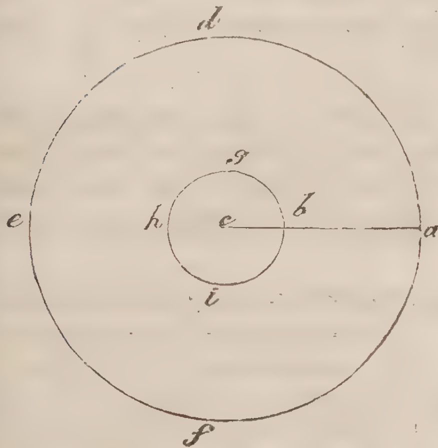
811 Alle quergestreiften äußeren Körpermuskeln sind, während sie ihre natürlichen Anheftungspunkte beibehalten, so bedeutender Contractions- und Erschlaffungsgrade fähig, daß die Anordnung der Skeletttheile weit eher Bewegungshindernisse entgegensetzt, als der größte Werth der oben erwähnten Zustände erreicht ist. Nehmen wir wieder die Sternocleidomastoidei als Beispiel. Bei einem kräftigen 23jährigen Manne betrug die Länge des linken Kopfnickers (von dem innern Ansatze der Portio sternalis an das Brustbein bis zum vordern Theile des Zitzenfortsatzes), wenn der Kopf möglichst nach hinten gebogen war, 176 Millimeter. Die gleiche Distanz glich bei möglichst geneigtem Kopfe 124 Millimeter. Das Verhältniß der Verkürzung war daher $= 44 : 31 = 1 : 0{,}705$, oder der Sternocleidomastoideus verlor hierbei im Maximum $^3/_{10}$ seiner Länge. War der Kopf möglichst seitlich nach links und unten gewendet, so erhielt man für die oben genannte Entfernung 196 Millimeter. Im Maximum der seitlichen Biegung nach rechts und unten, nicht aber nach vorn, ergaben sich für die gleiche Ausdehnung 114 Millimeter. Wir haben mithin ein Verhältniß $= 196 : 114 = 1 : 0{,}582$, d. h. bei dieser Bewegung verlor der Sternocleidomastoideus höchstens etwas mehr als $^4/_{10}$. Allein schon bei Anstellung dieses Versuches fühlt man deutlich, daß das Hinderniß, welches einer noch größern Verkürzung entgegensteht, nicht in dem sich zusammenziehenden Sternocleidomastoideus, sondern vorzüglich in den widerstrebenden Knochen, Bändern und Muskeln liegt. Die gleiche Erfahrung läßt sich an den graden Bauchmuskeln anstellen. Bog dasselbe Individuum den Oberkörper möglichst zurück, so daß die Distanz von dem Processus xiphoideus bis zur Symphyse der Schaambeine ihre größte natürliche Länge hatte, so glich die Entfernung 19,5 Centimeter, das Maximum der natürlichen Kürze betrug 97,5 Millimeter, so daß wir hier einen Verkürzungswerth von 0,5 haben.

Im menschlichen Körper existiren keine einfachen Muskeln, welche auf die eben geschilderte Weise durch starrere Hebel gehemmt würden. Bei dem Pferde findet dieses zum Theil an dem Retractor penis Statt. Es fehlen jedoch noch genauere Messungen, welche den Verkürzungsgrad desselben im Leben beurtheilen ließen.

812 Die eben erwähnten Hindernisse der Zusammenziehung fallen natürlich bei Muskeln, welche ein Rohr oder eine röhrige Oeffnung kreisförmig umschließen, von selbst hinweg. Zu diesen gehören von quergestreiften Gebilden der Art die Sphincteren, vorzüglich der Sphincter ani externus, die Muskulatur des Pharynx und zum Theil des Oesophagus, und von einfachen Faserorganen der größte Theil des Nahrungsschlauches, der Sphincter ani internus, die Blase, der Uterus nebst den Tuben u. dgl. Ist der Querschnitt des Rohres ein Kreis, so wird sich das Maximum der Erschlaffung der Zirkelfasern zu dem größten Werthe der Zusammen-

ziehung derselben, wie der Radius des Kreisdurchschnittes bei größter Ausdehnung zu dem Halbmesser desselben bei der stärksten Zusammenziehung verhalten. Denn denken wir uns, daß eine Kreisfaser adef circulär als Peripherie herumginge — eine Annahme, die bei dem spiraligen Verlaufe der Fasern nicht streng richtig ist — so haben wir, wenn c der Mittelpunkt des Kreises $adef = 2\,ca \times \pi$, für die Länge der Faser adef $2\,ca \times \pi$. Zieht sie sich nun zu bghi zusammen, so beträgt jetzt ihre Ausdehnung $2\,cb\,\pi$. Mithin ergiebt sich $adef : bghi = 2\,ca \times \pi : 2\,cb \times \pi = ca : cb$. Bedenken wir nun, in welchem Maaße z. B. der Dünndarm ausgedehnt zu werden vermag, während er sich anderseits nicht selten dergestalt zusammenzieht, daß in der ganzen Peripherie desselben sein Lumen local verschwindet, so müssen wir finden, daß die Verkürzungsgröße der einfachen Muskelfasern desselben ein sehr hohes Maximum zu erreichen vermag. Wahrscheinlich läßt sich ohne Ueberschätzung annehmen, daß der höchste Grad der Längenverminderung $^6/_7$ und selbst vielleicht mehr betragen kann.

Fig. 83.



Ein Stück Zwölffingerdarm einer 8 Tage alten menschlichen Leiche, dessen Gesammtwandung 1,25 bis 1,5 Millimeter dick war, hatte flach aufgelegt eine größte Breite von 75 Millim. Denkt man sich das Darmstück aufgeblasen, so entspricht dieses einem Radius von $\frac{75}{\pi} = 23{,}873$ Millim. Nun wurde dasselbe an dem einen Ende verschlossen und an dem anderen mit einer ungefähr 8 Decimeter langen Glasröhre fest verbunden. Diese nebst dem Darme wurden mit Wasser vollkommen gefüllt und senkrecht und frei schwebend aufgehängt. Der Halbmesser des Darmes, welcher auf diese Weise $^3/_4$ Stunden lang einem bedeutenden Drucke ausgesetzt war, hatte einen größten mittleren Werth von 28,5 Millimeter. Dieser war mithin um 4,627 Millimeter oder 0,1938 oder beinahe $^1/_5$ seiner früheren Größe gewachsen. Nehmen wir nun auch an, daß die Dicke der Darmwand bei dem Maximum der Contraction der Muskelhaut verdreifacht werde, so haben wir dann eine Längenverminderung von $\frac{28{,}5}{4{,}125}$, d. h. ungefähr $^6/_7$ der Länge der möglichsten Ausdehnung gingen durch die stärkste Contraction verloren.

Solche bedeutende Schwankungen folgen zwar bei der gewöhnlichen peristaltischen Bewegung nicht unmittelbar auf einander; allein auch hier erscheinen noch die Veränderungen verhältnißmäßig sehr beträchtlich. In einem Darmstücke des Kaninchens, welches in heftiger peristaltischer Thätigkeit begriffen war, variirte der Durchmesser zwischen 3,5 und 1,125 par. Linie. Dieses giebt ein Verhältniß von 1 : 0,3214, d. h. die Längenverminderung der Cirkelfasern betrug ungefähr $^2/_3$. Bedenken wir nun, daß noch der Werth 3,5 von dem möglichen Maximum der Ausdehnung sehr weit entfernt lag, so dürfte die obige Schätzung der Extreme nicht übertrieben erscheinen.

Werden quergestreifte oder einfache Muskelfasern, die noch reizbar 813
sind, von ihren Ansatzpunkten getrennt, so verkürzen sie sich und zeigen alsdann die oben (§. 620) erwähnten knieförmigen Einknickungen. Ist nur eine Anheftung durchschnitten, so kommt nicht das Maximum der Längenverminderung zu Stande. Denn nach der Quertheilung des

andern Endes erfolgt eine zweite, obwohl häufig geringere Verkürzung. Allein selbst Muskelfragmente der Art contrahiren sich noch ferner, sobald sie z. B. galvanisch gereizt werden. Eine Reihe von Beobachtungen lehrte, daß der Muskel nach beiderseitiger Trennung bei lebhafter Reaction meist ¼ – ½ seiner Länge, selten weniger oder etwas mehr zu verlieren pflegt.

Solche Untersuchungen müssen an lebenden oder höchstens an eben getödteten, sehr reizbaren Thieren vorgenommen werden. Man bestimmt das Maximum der natürlichen Längenausdehnung und Verkürzung und reducirt die Größen der letzteren auf das Mittel aus beiden oder auf die erstere. Eine Reihe hierher gehörender Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle verzeichnet.

Thier und Muskel.	Natürliche Länge in pariser Linien			Länge nach der Trennung des		Das Maximum der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchschneidung des		Das Mittel der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchschneidung des	
	Maximum.	Minimum.	Medium.	Ansatzes.	Ursprungs und Ansatzes oder beider Enden.	Ansatzes.	Ursprungs und Ansatzes.	Ansatzes.	Ursprungs und Ansatzes.
I. Junges Kaninchen, vom Munde bis zum After 10 Zoll lang:									
Gastrocnemius	16,75	15,5	16,125	14,5	11,87	0,866	0,709	0,899	0,736
Stück d. Rectus abdominis	—	—	26	23,9	16	—	—	0,919	0,615
II. Kurz vorher getödtetes Pferd [1]):									
Masseter . . .	—	—	12	—	5	—	—	—	0,417
Sternomaxillaris	—	—	12	—	6	—	—	—	0,500
Pectoralis maj.	—	—	12	—	6	—	—	—	0,500
Longus colli .	—	—	12	—	6,5	—	—	—	0,542
Pectoralis latus	—	—	12	—	7	—	—	—	0,583
Latissimus dorsi	—	—	12	—	7,5	—	—	—	0,625
Hautmuskel	—	—	12	—	8	—	—	—	0,666
III. Frosch von 2″ 11‴ Länge des Kopfes u. Rumpfes:									
Scapularis . .	9	6,75	7,875	6	4	0,666	0,444	0,762	0,508
Flexor tibialis magnus . .	13,062	11,25	12,156	10,312	9,812	0,789	0,751	0,848	0,807
Semitendinosus	11,75	12,562	13,156	11,43	9,562	0,831	0,695	0,869	0,727
Gastrocnemius	13,0	11,62	12,31	10,812	9,71	0,832	0,747	0,878	0,789
IV. Frosch von 2″ 10½‴ L.:									
Gastrocnemius	13,5	12,2	12,85	10,9	9,9	0,807	0,733	0,848	0,770

[1]) Diese Bestimmungen am Pferde rühren von Gerber her. Siehe de functionibus nervorum p. 132.

Thier und Muskel.	Natürliche Länge in pariser Linien			Länge nach der Trennung des		Das Maximum der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchschneidung des		Das Mittel der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchschneidung des	
	Maximum.	Minimum.	Medium.	Ansatzes.	Ursprungs und Ansatzes oder beider Enden.	Ansatzes.	Ursprungs und Ansatzes.	Ansatzes.	Ursprungs und Ansatzes.
Rectus abdominis	16,5	12,1	14,3	10,0	8,5	0,606	0,515	0,699	0,594
V. Frosch von 2″ 8‴ L.:									
Gastrocnemius	13,5	12,25	12,875	10,5	9,8	0,777	0,726	0,816	0,761
Rectus abdominis	16,75	10,5	13,625	11,75	10,5	0,702	0,627	0,862	0,789
				Mittel .		0,764	0,661	0,840	0,643

Hierbei bilden die in den zwei ersten Rubriken verzeichneten Zahlen mit Decimalstellen die Mittel aus mehrfachen Messungen der möglichst starken Beugung und Streckung.

Wir sehen aber zuvörderst, daß eine größere Verkürzung nach der beiderseitigen, als der einseitigen Durchschneidung zu Stande kommt. Dieses hat in einem zwiefachen Verhältnisse seinen Grund. Denn 1) verliert hierdurch der Muskel seinen letzten stärkeren Widerstandspunkt und 2) reizt jede Durchschneidung local, so daß die zunächst gelegenen Parthieen der Muskelfaser knieförmig eingeknickt werden. Eben deshalb entfernen sich auch noch häufig die Schnittränder einer Spalte, die wir an einem beliebigen Orte eines befestigten oder losgelösten Muskels angebracht haben, mehr oder minder von einander.

Wir erhalten aber für die beiderseitige Durchschneidung, je nachdem wir die natürliche möglichst große Ausdehnung oder das Mittel derselben zum Grunde legen, folgende Werthe:

	Im		
	Maximum	Minimum	Medium.
Die möglichst große natürliche Ausdehnung = 1, beträgt die Verkürzung	0,556	0,249	0,339
Das Mittel der natürlichen Ausdehnung = 1, gleicht dieselbe	0,583	0,193	0,357

Prevost und Dumas kamen bei Fröschen auf 0,23. Die obigen an Fröschen angestellten Beobachtungen geben ein Mittel von 0,282. Alle diese Zahlen beziehen sich auf die stabilen knieförmigen Einknickungen der Primitivfasern. Wirken neue Reize ein, so arbeiten die Primitivfäden in der oben (§. 622) geschilderten Weise momentan. Es entsteht auf diese Art eine neue augenblickliche Verkürzung, deren Werth im günstigsten Falle auf ungefähr ¼ angeschlagen werden kann.

Wir haben früher (§. 621) gesehen, daß es fast unmöglich ist, die einzelnen Winkel der Kniebiegungen der Muskelfasern unter dem Mikroskope sicher zu messen. Bedenken wir nun, daß wir nicht im Stande sind, sehr große Strecken eingebogener Muskelfasern ohne Verletzung derselben der mikroskopischen Bestimmung zu unterwerfen, so hätte die Erforschung des mittleren Winkels, unter welchem sie einknicken, noch erheblichere Schwierigkeiten. Die obigen Zahlen aber geben uns eine Methode an die Hand, dieses Problem durch Rechnung zu lösen. Nur wenn die Verkürzung in unvollkommenem Maaße er-

folgt, sind die Schenkel einer und derselben Einbiegung sehr ungleich. Eben so weichen in diesem Falle die successiven Winkel einer und derselben Faser sehr wesentlich von einander ab. Bei vollständiger Verkürzung findet in beiden Beziehungen eine größere Uebereinstimmung, ja sogar, wie z. B. die oben gegebene Fig. 13 (§. 620) zeigt, eine völlige Gleichheit Statt. Diese aber vorausgesetzt, haben wir folgende Verhältnisse. Gesetzt,

Fig. 84.



abcd sei die eingeknickte Muskelfaser, so wird ab + bc die ursprüngliche Länge = m eines Einknickungstheiles sein. Gleicht nun die Verkürzung n, so haben wir ac = ab + bc — n = m — n. Setzen wir nun $\frac{ab + bc + ac}{2} = p$, so haben wir $p = m - \frac{n}{2}$ und daher $p - ab = p - bc = \frac{m-n}{2}$. Es ist daher $\sin. \frac{1}{2} \varphi = \sqrt{\left[\frac{\sin.^2 \text{tot.} \times \left(\frac{m-n}{2}\right)^2}{\frac{m^2}{4}}\right]} = \frac{m-n}{m} \sin. \text{tot.}$ Wird nun, wie dieses bei allen in der obigen Tabelle verzeichneten Werthen der Fall ist, m = 1, so haben wir $\sin. \frac{1}{2} \varphi = \sin. \text{tot.} \times (1 - n)$. Oder $\log. \sin. \frac{1}{2} \varphi = 10 + \log. (1 - n)$. Da nun 1 — n = d die Länge der verkürzten Muskelfaser bezeichnet, so haben wir auch $\log. \sin. \frac{1}{2} \varphi = 10 + \log. d$.

Nehmen wir z. B. an, die Verkürzung betrage 0,292893, folglich die Länge der verkürzten Muskelfaser 0,707107, so haben wir $\log. \sin. \frac{1}{2} \varphi = 10 + \log. 0{,}707107 = \log. \sin. 45^0$, d. h. der Winkel abc wird gerade einen Rechten betragen, wenn die Schenkel des Winkels gleich groß sind, keine ferneren untergeordneten Einknickungen besitzen und die Größe der Verkürzung $\frac{3}{10}$, mithin die Länge der durchschnittenen Muskelfaser $\frac{7}{10}$ der unverletzten beträgt.

Berechnen wir nun unter den eben angeführten Voraussetzungen die mittleren Einknickungswinkel der in der obigen Tabelle verzeichneten Hauptwerthe, so erhalten wir:

	Die möglichst große natürliche Ausdehnung = 1 gesetzt.				Die mittlere natürliche Länge = 1 gesetzt.		
	Verkürzungswerth	Länge der verkürzten Muskelfaser	Mittlerer Einknickungswinkel.		Verkürzungswerth	Länge der verkürzten Muskelfaser	Mittlerer Einknickungswinkel.
Maximum . .	0,556	0,444	52° 43′ 8″	Maximum . .	0,583	0,417	49°17′26″
Minimum . .	0,249	0,751	97°21′14″	Minimum . .	0,193	0,807	107°36′28″
Medium . . .	0,339	0,661	82° 45′8″	Medium . . .	0,357	0,643	80°1′54″

Wir können daher im Allgemeinen annehmen, daß der mittlere Verkürzungswinkel sehr reizbarer Muskelfasern, welche an zwei Endstücken durchschnitten worden, wenn die Biegungsschenkel gleich und mit keinen secundären Einknickungen versehen sind, zwischen 110° und 50° schwankt. Die durchschnittlichen Declinationsgrade variiren daher von 70° bis 130°. Die Mittel der Verkürzungswerthe stehen 0,3, d. h. derjenigen Größe, welche gerade einem Rechten entspricht, mehr oder minder nahe. Deutlich sehen wir dieses an dem Gastrocnemius, welcher in Betreff des Ausgangspunktes der Berechnung, nämlich der Bestimmung des natürlichen Maximums der Ausdehnung die sicherste Basis gewährt. Wir haben für ihn in der obigen Tabelle 0,709; 0,747; 0,733 und 0,726, also im Durchschnitt 0,729. Dieses entspricht 93° 36′ 18″. Der bei dem Kaninchen erhaltene Werth = 0,709 fordert 90° 18′ 26″.

Aehnliche Verhältnisse, wie bei den quergestreiften Muskelfasern kehren auch bei den einfachen wieder. Bei einem Frosche z. B. betrug die Verkürzung der Längenfasern der Muskelhaut des Magens, wenn man die unmittelbare Größe = 1 setzte, nach einseitiger

Durchschneidung 0,827 und nach beiderseitiger 0,733. Legt man das Maximum der natürlichen Ausdehnung zum Grunde, so treten hier bisweilen sehr hohe Werthe hervor. So z. B. betrug die Verkürzungsgröße des doppelt getrennten Retractor penis eines eben getödteten Pferdes nach einer Erfahrung von Gerber ⅚, so daß das zwischen beiden Schnitten liegende Muskelstück nur ⅙ seiner natürlichen größtmöglichen Länge besaß.

Die Schnelligkeit, mit welcher sich ein Muskel zusammenzieht und erschlafft, kann unter verschiedenen Verhältnissen sehr groß sein. Vorzüglich gilt dieses von Bewegungen, welche häufig vorkommen und besonders eingeübt worden sind. Bei dem Sprechen z. B. erfordert jeder Buchstabe nur wenige Tertien. Die Zeit ist im Allgemeinen bedeutender, wenn wir zusammenhängende Prosa, als rhythmische Verse rasch vortragen. Wir können z. B. einen uns geläufigen Hexameter, in welchem 45 auszusprechende Buchstaben vorkommen, ganz bequem und deutlich in 2 Secunden hersagen, so daß also auf jeden Buchstaben 2⅔ Tertie kommen. Theilten sich Zusammenziehung und Erschlaffung gleich, so hätten wir 1⅓ Tertie für jede Contraction. Manche Buchstaben aber, wie z. B. r, erfordern eine Reihe enthaltender Vibrationen, so daß sich jener so geringere Zeitraum noch bedeutend verkleinert. Dieses muß auch bei verschiedenen Arten des Gesanges, z. B. bei dem Trillern, Statt finden. Ein sehr geübter Clavierspieler kann den Zeigefinger in einer halben Minute 120 bis 200 Mal beugen und strecken. Dieses giebt für eine einzelne Beugung oder Streckung 15 bis 9 Tertien und mithin für eine Zusammenziehung die Hälfte dieser Werthe[1]). Aehnliche Verhältnisse kehren bei dem Gehen wieder. Machte ein Soldat bei gewöhnlichem Marsche 75 Schritte in der Minute (§. 85), so kämen auf jede Beugung oder Streckung des Schenkels 23,7 Tertien. Für den Geschwindschritt mit 100 Schrittbewegungen haben wir 18 Tertien und für den Sturmschritt mit 125 Schritten 14,4 Tertien. Allein alle diese Werthe verkleinern sich noch bedeutend, weil die Flexoren sowohl als die Extensoren mehrere Mal zu verschiedenen Zeiten in differentem Maaße in Anspruch genommen werden. Der Rectus femoris z. B. hat hier ungefähr 4—5 Mal seinen Zustand zu ändern, so daß ihm bei dem Sturmschritte für jede Modification seiner Länge nur 2,88 Tertien zukommen. Bedenken wir nun, daß Schnellläufer 3 bis 5 Mal so rasch fortkommen, so erhellt hieraus, daß eine Contraction des Rectus femoris im Maximum viel weniger als eine Tertie erfordert. 814

Aehnliche Bestimmungen, welche den Menschen, wie die Thiere betreffen, siehe bei Haller, Elementa physiologiae Tom. IV. p. 481—83. Aus der Höhe des Tones läßt sich durch Rechnung finden, daß eine gejagte Stubenfliege 4000 Flügelschläge in der Se-

---

[1]) Ein ausgezeichneter Clavierspieler theilte mir in dieser Beziehung nach seinen Versuchen folgende Resultate mit. Er vermochte, wenn die Finger zum Theil flectirt waren, die Hand im Ganzen 360, den Zeigefinger allein 320, den Mittelfinger 310, den isolirten Ringfinger 180 und den kleinen Finger 320 Mal in einer Minute zu beugen und zu strecken. Für Zeige-, Mittel- und Ringfinger zusammen betrug der Minutenwerth 360, für die drei äußeren Finger 340, für den vierten und fünften 260 und für den zweiten und dritten 360. Wurde die Arbeit nur ½ Minute hinter einander fortgesetzt, so fielen die Resultate noch günstiger aus. In diesem Falle konnte z. B. eben der Zeigefinger 120 bis 200 Mal innerhalb dieser Zeit flectirt und extendirt werden.

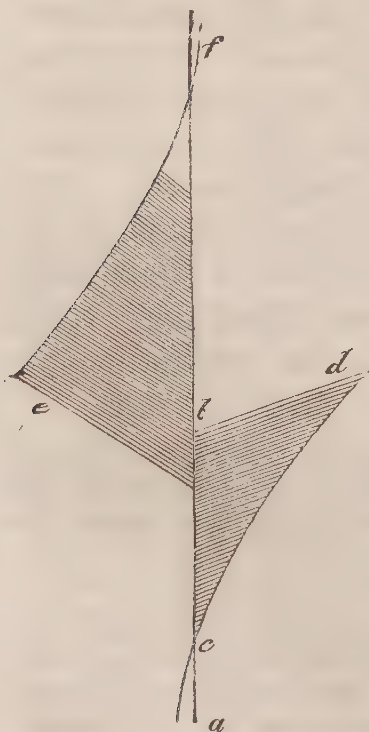
cunde macht und mithin die Beuger und Strecker 8000 Mal ihren Zustand verändern [1]). Dieses giebt für eine einzelne Zusammenziehung 0,0075 oder $^{3}/_{400}$ oder ungefähr $^{1}/_{133}$ Tertie.

Der Grund dieser so bedeutenden möglichen Geschwindigkeit der Muskelcontraction liegt einerseits in der Schnelligkeit der Fortleitung des Nervenprincipes und anderseits in der molecularen Beschaffenheit der Zusammenziehung selbst. Denken wir uns, daß einmal der nervöse Einfluß längs einer ganzen Muskelfaser vertheilt ist, so können sich die Querstreifen in jedem Punkte gleichzeitig einander nähern oder von einander entfernen. Eben so vermögen die Einknickungen in einem Augenblicke zu entstehen und zu verschwinden. Es wird daher nur das Minimum von Zeit, welches zu einer einzelnen Veränderung der Art nothwendig ist, zu einer Gesammtcontraction erfordert. Daß aber die Leitung des Nervenprincipes eine außerordentliche Schnelligkeit besitzt, werden wir in der Nervenphysiologie sehen.

815 Bezeichnen wir als **Kraft** eines Muskels die Intensität, mit welcher seine Verkürzung, d. h. die Annäherung seiner Querstreifen und die Bildung seiner Einknickungen, zu Stande kommt, so hängt diese einzig und allein von der Zahl, nicht aber von der Länge der Muskelfasern ab. Die letztere bestimmt bloß die Größe der Verkürzung, mit welcher die Kraft zu arbeiten im Stande ist. Unter Voraussetzung desselben Grades der Contractionsenergie kann eine Muskelfaser, die 10 Centimeter lang ist, nicht stärker arbeiten als eine solche, welche nur 1 Centimeter weit sich erstreckt. Jene wird dagegen eine 10 Mal so große Verkürzung hervorrufen. Halten wir diesen Unterschied fest, so werden uns sehr viele Anordnungen der Muskelfasern, die uns sonst räthselhaft bleiben, leicht erklärlich.

Wo die Natur kräftige Muskeln schafft, stellt sie möglichst viele Muskelfasern her, und umgekehrt. Schon der eigenthümliche Verlauf der Sehnenausbreitungen dient zu diesem Zwecke. Es geht z. B., wie wir zum Theil an den Wadenmuskeln sehen, eine Sehne ab in der Mitte fort. Einerseits aber erstreckt sich ein Sehnenblatt cd nach oben, während sich von dem Ursprunge aus ein zweites ef an der entgegengesetzten Fläche hinabzieht. Die Muskelfasern verlaufen schief und meist symmetrisch von einem sehnichten Theile zum andern. Es kann sich auf solche Art eine größere Anzahl von ihnen anfügen. Ueberdies treten sie auch, um ihre Zahl noch zu vergrößern, längs der Vorderfläche der Achillessehne weit hinab. Wären sie in einfacher gerader Richtung dahingegangen, so hätten sie an Verkürzungsgröße gewonnen, an Kraft dagegen verloren, d. h. sie wären in Zustände gerathen, welche den an sie gestellten Forderungen entgegengesetzt gewesen. Ebenso sind die Zwischenrippenmuskeln, die meisten der an der Wirbelsäule gelegenen Muskeln kurz, haben aber dafür möglichst zahlreiche Muskelfasern. Die Fortsetzungen der Sehnen, die tendinösen Blätter u. dgl., welche sich so häufig in einen Mus-

Fig. 85.



[1]) Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. V. Leipzig, 1830. 8. S. 975.

kel hineinziehen, erfüllen ebenfalls den Zweck, einer größern Anzahl contractiler Fasern Ansatzpunkte zu gewähren. Sollen entfernte Stellen durch kräftige Muskeln verbunden werden, so werden die letztern dick und rund, schwellen in ihrer Mitte mehr oder minder bauchig an und erhalten durch ihre Sehnenstränge und Sehnenüberzüge Anheftungsflächen von entsprechender Ausdehnung. Lange und schwache Muskeln dagegen sind platt und haben entweder fast gar keine Sehnen oder solche, die sich nicht sehr weit in ihre Muskelmasse erstrecken. Belege ersterer Art finden wir z. B. an den größern Schenkelstreckern, solche letzterer Gattung an dem Sternocleidomastoideus, Sternohyoideus, Sternothyreoideus, Hyothyreoideus, Sartorius, Gracilis u. dgl.

In welchem Maaße die Gewichte unter diesen Verhältnissen täuschen können, mag folgendes Beispiel lehren. Bei dem schon mehrfach erwähnten Selbstmörder wogen die beiden Abtheilungen des Gastrocnemius, des Soleus und des Plantaris der linken Seite nach Abzug der Sehnen 896,9 Grm., der Sartorius der Extremität dagegen unter den gleichen Bedingungen 203,69 Grm. Wollten wir annehmen, daß der letztere $\frac{203{,}69}{896{,}9} = 0{,}2271$ oder nur $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ Mal so schwach als die Wadenmuskeln wären, so kämen wir auf eine Folgerung, deren Unrichtigkeit sogleich in die Augen springt.

So sicher es ist, daß die Zahl der Muskelfasern einen Maaßstab für die Kraft derselben abgiebt, so wenig wissen wir mit Bestimmtheit, ob die verschiedenen Durchmesser der einzelnen Fasern einen Einfluß auf die Energie derselben ausüben. Theoretisch ließe sich ein solcher in Betreff der Annäherung der Querstreifen allerdings voraussetzen, weil in einer stärkeren Muskelfaser eine größere Zahl von wirksamen Primitivfäden vorhanden ist.

Nach den eben erläuterten Verhältnissen wäre es von Wichtigkeit, zu bestimmen, wie viel Muskelfasern ein Muskel enthalte. Bei den einfach oder doppelt gefiederten Muskeln gehört selbst eine bloß approximative Schätzung wegen der sehr ungleichen Länge der Fasern zu den Unmöglichkeiten. Dagegen sind wir eher im Stande, bei platten oder plattrundlichen mit ihren Fasern gleichförmiger verlaufenden Muskeln befriedigendere Berechnungen anzustellen. Man bedient sich hierbei folgender Methode, welche man für den angegebenen Zweck sowohl bei frischen, als bei älteren Muskeln gebrauchen kann.

Man bestimmt zuvörderst das Gewicht, das Volumen und die Länge eines ganzen platten, nicht complicirt sehnichten Muskels oder eines aus seiner Mitte mit genau horizontalen Rändern herausgeschnittenen Stückes. Hierauf bereitet man sich aus den verschiedensten Stellen desselben mittelst des Doppelmessers eine Reihe von Querschnitten und bestimmt in einer größeren Zahl von Beobachtungen, wie viele durch das Perimysium geschiedene Muskelfasern auf einen Quadratmillimeter kommen. Beträgt dieser Werth n, ist die in Millimetern ausgedrückte Länge = m und das in Cubikmillimetern gegebene Volumen = o, so haben wir für den Querschnitt $\frac{o}{m}$ Quadratmillimeter und mithin $\frac{o \cdot n}{m}$ Muskelfasern. Diese Methode würde ganz genaue Resultate liefern, wenn nicht zwei Umstände ihren Werth herabsetzten. 1) Sind die Muskelfasern selbst ungleich groß und 2) erzeugen vorzüglich die stärkeren Blätter des Perimysium sehr leicht bei den Zählungen erhebliche Störungen, so daß die Mittel von ihrer sonstigen Sicherheit viel verlieren. Solche Untersuchungen liefern daher selbst bei der größten Genauigkeit bloße vertrauenswerthe Schätzungsresultate.

Der Erläuterung wegen wollen wir ein specielles Beispiel anführen:

Sartorius der rechten Seite eines kräftigen 22jährigen Mannes, der an Milzentzündung verstorben war. Gewicht des schon mürben Muskels 145,6 Grm. Länge desselben 5 Decimeter. Volumen des untersuchten Stückes 6920 Cubikmillimeter [1]). Länge desselben im Mittel aus 10 Messungen 18,91 Millimeter. Folglich mittlerer Querschnitt 365,944 Quadr. Millim. Im Mittel aus 19 Muskelfaser-Querschnitten ergaben sich 286,33 Muskelfasern auf 1 Quadr. Millim. Es kämen hiernach auf den Sartorius im Ganzen 104780 oder ungefähr ein Mal Hunderttausend Muskelfasern.

816 Nach dem eben erörterten Begriffe von Kraft der Muskeln brauchen ihre Fasern selbst im Zustande der vollkommensten Erschlaffung keine so bedeutende absolute Festigkeit, wie sie den passiven von ihnen gezogenen oder sonst belasteten Bewegungsorganen nothwendig war, zu besitzen. Dieses bestätigt auch die Erfahrung. Wir haben z. B. schon früher (§. 33) gesehen, daß in einer 8 Tage alten Leiche die Sehne des Palmaris für denselben Durchmesser ungefähr $11\frac{1}{2}$ und die des Plantaris $17\frac{1}{2}$ Mal so stark als der Sartorius war. Der letztere erschien 10,165 Mal so schwach, die Sehne des Palmaris dagegen 1,2; die des Plantaris 1,72 Mal so fest, als ein guter zum Bauen gebrauchter Hanfstrick. Nach älteren Erfahrungen [2]) trugen die isolirten Kapselbänder des Metatarsus des Kalbes 119 Pfd., das bloße Periost 413 Pfd. und das des Daumens allein 100 Pfd. Das Band an dem Tarsusgelenke hielt 830 Pfd. aus. Nach den früher (§. 33) gegebenen Berechnungen vermag die Achillessehne des Menschen einer Last von 800 — 900 sichern Widerstand zu leisten.

817 Die Berechnung der absoluten Kraft eines Muskels unterliegt deshalb sehr vielen Schwierigkeiten, weil fast nie das Maximum der Energie entwickelt wird. Man kann daher die Bestimmungen nur für gewisse Zustände oder Einzelfälle liefern. Ebenso ist jede Reduction auf 1 Grm. Muskelsubstanz oder auf eine Muskelfaser nur für jeden einzelnen Muskel gültig, weil die Länge, die Zahl und die Anheftung der Fasern an die Sehnen und dieser an die Knochen nach den verschiedenen Muskeln wechselt. Ja sogar der Angriffspunkt der Sehnen selbst ändert sich häufig nach der Differenz der Stellungen, welche ein Glied einnimmt. Hiernach können alle Bestimmungen der Art nur für sehr detaillirte Verhältnisse ihre volle Gültigkeit haben. Unter diesen Beschränkungen aber läßt sich z. B. darthun, daß die Wadenmuskeln bei dem Stehen auf einem Fuße im ersten Momente des Emporhebens des Körpers eines sehr kräftigen unbelasteten Mannes unter günstigen Hebel- und Winkelverhältnissen relativ ungefähr 60 Mal so viel, als ihr Gewicht beträgt, ziehen, während der Deltoideus, der unter sehr widrigen Bedingungen der Hebel und Winkel arbeitet, nur dem 64fachen seines Gewichtes das Aequiliber halten kann, sobald z. B. die Hand des gerade ausgestreckten Armes mit 25 Kilogr. beschwert ist. Da aber die physikalischen Nebenbedingungen bei beiden Muskeln sehr verschieden, ja entgegengesetzt sind, so versteht es sich von selbst, daß die wahren, absoluten Kraftwerthe von dieser relativen sehr wesentlich abweichen müssen.

---

[1]) Der größeren Genauigkeit wegen wurde der Umfang nicht durch Messen, sondern durch Wägen des Volumenwassers bestimmt.

[2]) Alb. ab Haller Elementa Physiologiae. T. IV. Lausannae, 1762. 4. p. 442.

Versuchen wir zuvörderst die Berechnungen an den Wadenmuskeln und dem Gastrocnemius, so weit es angeht, specieller zu verfolgen. Bei dem mehrfach erwähnten 34jährigen Selbstmörder von colossaler Statur wog die bloße Muskelmasse des Gastrocnemius an der linken Seite 460,47 Grm., die des Soleus 422,59 und die des Plantaris 13,84 Grm. Wir haben mithin für alle an dem Fersenbeine ziehenden Muskeln 896,90 Grm. Nehmen wir nun an, jenes Individuum habe 70 Kilogramm gewogen — ein Werth, der eher zu klein als zu groß sein dürfte —, so überwand 1 Grm. Wadenmuskeln, wenn der Mensch auf einem Fuße stehend die Ferse emporzuheben begann, außer dem nicht in Rechnung gebrachten Gewichte des Fußes von der Ferse bis zu dem Anfange der Zehen, $\frac{70000}{896,9} = 78,05$ Grm., d. h. also mit dem Fuße circa 80 Mal so viel, als das Gewicht der Muskelsubstanz betrug. Der Deltoideus der rechten Seite glich 448,05 Grm., der der linken 443,77 Grm. Wir haben daher im Durchschnitt 445,91 Grm. Hielt der Mann mit ausgestrecktem Arme an dem Handfingergelenke 25 Kilogr. — was, wie wir §. 82 gesehen, schon das Maximum ist —, so entsprächen, wenn wir das Gewicht der oberen Extremität zu 3,8 Kilogr. anschlagen, 1 Grm. Deltoideus $\frac{28800}{445,91} = 64,587$ Grm. Last. Wir würden aber sehr irren, wenn wir diese Werthe mit den absoluten Kräften, welche von den genannten Muskeln unter den obigen Verhältnissen ausgeübt worden, verwechselten. Vielmehr müssen wir, um diese wenigstens ungefähr zu bestimmen, folgende Betrachtung anstellen.

Stehen wir auf einem Fuße und ruht die Last des Körpers so auf der Tibia, daß die Gravitationslinie durch den Drehpunkt des Schienbein-Sprungbeingelenkes geht, so können wir uns als Vorbereitung eine einfache Rechnung aufstellen. Gesetzt, a sei der in dem Calcaneus liegende Drehpunkt, b der mittlere Drehpunkt der Metatarsusfußgelenke und b c eine horizontale Linie, welche an dem hinteren Theile des Fersenbeines von der Verlängerung des mittleren Ansatzes der Achillessehne e c bei c getroffen wird, es bilde mithin e c b einen rechten Winkel und c b liege annahmsweise horizontal, so haben wir ursprünglich, wenn der Mensch auf dem Fuße steht und seine Ferse emporzuheben beginnt, einen Winkelhebel, der in b seinen Drehpunkt, in a seine Last = g und in c seine Kraft = k besitzt. Da aber die Richtung der Schwere von a aus senkrecht in a d hinabgeht, folglich a d b = e c b ist, so greifen Kraft und Last unter analogen Verhältnissen und nur in entgegengesetzten Richtungen an. Denn es ist vollkommen das Gleiche, als hätten wir den graden horizontalen Hebelarm c d b, der in b seinen Drehpunkt, in d seine Last g und in c seine Kraft k hat. Das Kraftmoment von c a ist c d, das von a b wird zu a h. Da aber a h = d b, so wird Gleichgewicht herrschen, wenn $k \times cb = g \times db$ ist. Mithin muß $k = \frac{g \times db}{cb}$ sein.

Fig. 86.

An einem durchsägten linken Fuße eines Erwachsenen war a b = 12,7 Centimeter, a c = 6,9 C. und c b = 16,9. Es verhielt sich mithin a b : a c = 1 : 0,54 und a b : c b = 1 : 1,33. An einem anderen Fuße eines Erwachsenen und an dem natürlichen Skelette eines Knaben ergab sich sogar a b : a c = 1 : 0,50. Nehmen wir daher an, daß sich im vollkommenen Normalzustande a c : a b : b c = 3 : 6 : 8 verhalte, so wird $p = \frac{ac + ab + bc}{2} = 8,5$ sein. Wir haben daher $\log. \sin. \frac{1}{2}\, cab = \frac{20 + \log. 5,5 + \log. 2,5 - \log. 18}{2}$ und $\log. \sin. \frac{1}{2}\, acb = \frac{20 + \log. 5,5 + \log. 0,5 - \log. 24}{2}$. Es ist daher:

$$\angle\, cab = 121^0\ 51'\ 20''$$
$$\angle\, acb = 39^0\ 34'\ 16''$$
$$\angle\, abc = 18^0\ 34'\ 24''$$

d. h. der Winkel ist so ajustirt, daß seine beiden Schenkel unter einander unter ungefähr $\frac{1}{3}$, der kürzere Schenkel mit der Basis unter circa $\frac{1}{9}$ und der längere Schenkel mit

der Grundlinie unter ungefähr $\frac{1}{18}$ von vier Rechten gestellt erscheint. Wir erhalten also ursprünglich lauter natürliche Winkel.

Nun haben wir in dem rechtwinkeligen Dreiecke adc die Seite ac = 3, den Winkel acd = 39° 34′ 16″. Es ist mithin cd = 3 cos. 39° 34′ 16″ = 2,313, und ebenso zeigt sich in dem Dreiecke adb die Seite ab = 6 und der Winkel abd = 18°34′ 24″. Mithin db = 6 cos. 18° 34′ 24″ = 5,688. Es verhält sich daher cd : db = 1 : 2,46.

Wenn wir nun die Correctionsverhältnisse, welche wegen des Schwerpunktes des Fußes von der Ferse bis zu den Metatarsus-Zehengelenken und des Gewichtes der Zehen nothwendig würden, außer Acht lassen, so arbeitet die Körperlast = 70000 Grm. mit einem Hebelarme = 5,688, während die 896,9 Grm. schweren Wadenmuskeln mit einem solchen von 8 thätig sind. Wir erhalten daher für das Gleichgewicht 896,9 × 8 = 70000 × 5,688. Oder für 1 Grm. Wadenmuskel $\frac{70000 \times 5{,}688}{896{,}9 \times 8} = 55{,}491$, d. h. der nicht ferner belastete Mensch wird auf einem Fuße stehend seine Ferse emporheben können, wenn seine Wadenmuskeln mit solcher Energie contrahirt sind, daß sie mehr als 55½ Mal so viel, als sie schwer sind, ziehen.

Es versteht sich von selbst, daß dieses noch lange nicht das Maximum ist, welches die Wadenmuskeln unter den angegebenen Verhältnissen auszuhalten im Stande sind. Ein starkes Individuum kann noch mit 150 Kilogr. belastet sein und nichts desto weniger auf einem Fuße stehen und die Ferse etwas emporziehen. Für diesen Fall haben wir dann unter den oben angenommenen Verhältnissen für 1 Grm. Wadenmuskel $\frac{220000 \times 5{,}688}{896{,}9 \times 8} = 174{,}4$, d. h. um die Ferse zu heben, müssen die Wadenmuskeln mehr als 174½ Mal so viel überwinden als sie selbst wiegen. Auch dieser Werth ist noch, wie wir bald sehen werden, von dem Maximum, deren sie möglicherweise fähig sind, weit entfernt.

Denken wir uns aber z. B., derselbe Mensch habe seine Kniee über einander geschlagen, der Fuß befinde sich zur Horizontalebene, zur Tibia und der Achillessehne in denselben Verhältnissen, wie in dem eben angenommenen Falle, und es sei an den Metatarsuszehengelenken ein Gewicht g angebracht, so wird sich, da der Voraussetzung nach ce, da und bh auf cb senkrecht stehen und einander parallel sind, der dann ungünstigere Krafthebel der Wadenmuskeln zu dem Lasthebel in demselben Verhältnisse, wie cd : db = 1 : 2,46 befinden. Abstrahiren wir von dem Gewichte des Fußes, so wird, wenn g = 70000 Grm. wäre, 1 Grm. $\frac{2{,}46 \times 70000}{896{,}9} = 191{,}99$ Mal so viel als es wiegt, ziehen müssen, um das Gleichgewicht zu erhalten, mithin relativ mehr als bei dem Stehen und einer Belastung von 300 Pfd. Für 220 Kilogr. Last hatten wir für 1 Grm. Wadenmuskel 603,41 Grm. Gewicht.

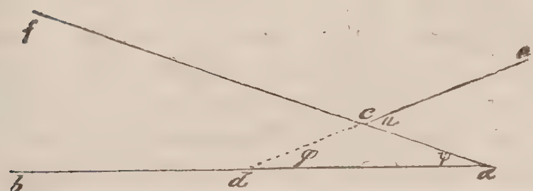
Unter den gewöhnlichen Verhältnissen wird wohl ohne Zweifel die letztere Forderung die Kraft des Gastrocnemius, Soleus und Plantaris überschreiten. Allein keineswegs liegt sie sehr weit von den möglichen Grenzen, die wenigstens unter pathologischen Verhältnissen eintreten können, entfernt. Wir wissen, daß die krampfhaft zusammengezogenen Wadenmuskeln die Achillessehne zerreißen können. Nehmen wir an, daß die letztere selbst schon bei 900 Pfd. berstet, so haben wir hier, abgesehen von der schiefen Anfügung der Muskelfasern, keinen weiteren Kraftverlust. Auf 1 Grm. Wadenmuskel kommen dann $\frac{450000}{896{,}9} = 501{,}72$ Grm. Last. Ob vielleicht in solchen Fällen die Geschwindigkeit der Zusammenziehung einen Theil der ursprünglich angewendeten Kraft ersetze, steht dahin.

Die Berechnung der Verhältnisse des Deltoideus stößt deshalb auf Schwierigkeiten, weil sich der Angriffspunkt sowohl als der Kraftwinkel nach bloßen Mittelwerthen, die immer ein subjectives Gepräge haben, bestimmen lassen. Denken wir uns, der Mensch stehe oder sitze aufrecht. Der gestreckte Arm sei horizontal gerichtet und bilde mit dem Rumpfe in der Schulter einen rechten Winkel. Es soll nun die Last gefunden werden, welcher der Deltoideus unter diesen Verhältnissen das Gleichgewicht halten muß.

Um die nöthigen Vordata zu gewinnen, wurde der unversehrte Oberarm eines 29jährigen Mannes aus der Schulter gelöst und dessen Schwerpunkt bestimmt. Dieser fiel etwas unter der Ellenbogenbuge. Jetzt wurde der Humerus der Länge nach in seiner

Mitte durchsägt, ausgestreckt und der Deltoideus in seine möglichst natürliche Lage für den oben erwähnten Zustand gebracht. Bezeichnet a den Drehpunkt des Oberarmes und b den Schwerpunkt der ganzen oberen Extremität, so bildete a b den Lasthebel. Die Sehne des Deltoideus wurde dann halbirt und die mittlere Richtung ihrer Fasern e c fortgesetzt, bis sie die Linie a b in dem Punkte d traf. Es war mithin a d der Krafthebel des Deltoideus. Durch unmittelbare Messung mit dem Transporteur fand sich, daß der Angriffswinkel $cda = \varphi = 28^0$ ausfiel. Um jedoch alle Data noch genauer zu haben, wurden folgende Linien bestimmt: $ab = 28{,}8$ Centimeter, $ad = 11{,}9$ C., $ac = 8{,}3$ C. und $cd = 4{,}4$ C. Wir haben hiernach $\frac{ac + cd + ad}{2}$ $= 12{,}3$ C. Es ist mithin $\log. \sin. \frac{1}{2}\varphi = \frac{20 + \log. 7{,}9 + \log. 0{,}4 - \log. 4{,}4 - \log. 11{,}9}{2}$ $= \log. \sin. 14^0\ 13'\ 16''$. Wir erhalten mithin $\varphi = 28^0\ 26'\ 32''$, d. h. einen Werth, welcher mit dem Resultate der unmittelbaren Messung sehr gut stimmt. Für den Winkel $cad = \psi$ ergiebt sich $\log. \sin. \frac{1}{2}\psi = \frac{20 + \log. 4 + \log. 0{,}4 - \log. 8{,}3 - \log. 11{,}9}{2}$ $= \log. \sin. 7^0\ 18'\ 44$. Also $\psi = 14^0\ 37'\ 28''$. Es ist daher der Winkel eca, den wir später brauchen werden, $= \mu = 43^0\ 4'\ 0''$.

Fig. 87.



Bei dem Aufheben des unbelasteten Armes in der oben erwähnten Stellung verliert der Deltoideus sowohl wegen des schiefen Ansatzes unter dem Winkel φ, als wegen der Kürze des Hebelarmes a d an Kraft. In ersterer Beziehung verhält sich seine ursprüngliche Energie k zu seinem Kraftmomente $n = \sin. \text{tot.} : \sin. 28^0 26' 32''$. Wir haben mithin $k = \frac{n\ .\ \sin.\ \text{tot.}}{\sin.\ 28^0\, 26'\, 32}$. Der ungünstigen Hebellängen wegen ergiebt sich ferner die Proportion seiner ursprünglichen Kraft k zu der Kraft $k \frac{\sin.\ \text{tot.}}{\sin.\ 28^0\, 26'\, 32''} = ab : ad$ $= 28{,}8 : 11{,}9$. Wir erhalten daher für die Totalkraft des Deltoideus d, wenn sie der in dem Schwerpunkte des Armes concentrirten Last der oberen Extremität g das Gleichgewicht halten soll, $d = \frac{g \times 28{,}8 \times \sin.\ \text{tot.}}{11{,}9 \times \sin.\ 28^0\ 26'\ 32''}$. Nehmen wir z. B. an, der ganze Arm wiege 3,8 Kilogr., so muß der Deltoideus, wenn er allein den Arm in der oben erwähnten horizontalen Lage erhalten soll, mit einem Werthe von 19,31 Kilogr. arbeiten. Seine Kraft wird daher 5,0815 oder ungefähr 5 Mal so groß, als die Last des Armes sein müssen. Wäge aber seine Muskelsubstanz 445,91 Grm., so käme auf 1 Grm. $\frac{19310}{445{,}91} = 43{,}305$ Grm. Wie es hiernach scheint, müßten dann die Muskelfasern bei horizontaler Ausstreckung des Armes eine proportionell zu ihrem Gewichte fast eben so große Last tragen, als die Wadenmuskeln in dem ersten Momente des Aufhebens der Ferse bei dem Stehen auf dem einen Fuße. Allein wir dürfen, um die Unrichtigkeit dieses Schlusses einzusehen, nicht vergessen, daß die Muskelfasern des Deltoideus außer dieser Berechnung fast gar nichts verlieren, weil sie meistentheils in der Richtung ihrer Sehnenfasern fortgehen. Die der Wadenmuskeln dagegen, vorzüglich des Soleus, setzen sich vorherrschend schief an die Achillessehne, so daß hierdurch ein weit größerer ursprünglicher Kraftaufwand nöthig wird.

Wir haben früher (§. 82) wahrgenommen, daß das Maximum der Last, welcher ein kräftiger Turner bei völlig ausgestrecktem horizontalen Arme das Gleichgewicht halten kann, 25 Kilogr. beträgt. Denken wir uns, diese sei an den Metacarpus-Fingergelenken nach außen angebracht, so daß die von diesem Punkte nach dem Drehpunkte des Oberarmes gezogene gerade Linie a f, welche zum Theil außerhalb des Armes fällt, zugleich durch den Punkt c geht — eine Forderung, die bei mehr einseitiger Anfügung der Last an die Hand realisirt sein kann. Der Lasthebel a f betrug an dem oben erwähnten Arme 58 Centimeter. Der Krafthebel wird dann $ac = 8{,}3$ C. und der Angriffswinkel des Deltoideus $= eca = 43^0\ 4'\ 0''$. Hängt z. B. die Last an einem beweglichen Ha-

ken und liegt af horizontal, so wird jene bei f senkrecht angreifen. Wir erhalten aber hiernach für die ursprüngliche Wirkung des genannten Muskels, wenn dieser zunächst das Gleichgewicht erhalten soll, $d = \frac{25 \times 58 \times \text{sin. tot.}}{8{,}3 \times \text{sin. } 43^{0}\ 4'} = 255{,}84$ Kilogr. Dazu kommt noch das Gewicht des Armes = 19,31 Kilogr. Wir haben daher im Ganzen 275,15 Kilogr. Auf 1 Grm. Deltoideus kämen für diesen Fall 617,06 Grm. Wenn aber dieser Werth denjenigen, welcher bei Zerreißung der Achillessehne durch den Krampf der Wadenmuskeln resultirte (1 Grm. Muskel auf 501,72 Grm. Widerstand) übertrifft, so dürfen wir nicht unberücksichtigt lassen, daß die absolute Festigkeit der bezeichneten Sehne zu einem verhältnißmäßig kleinen Werthe angeschlagen worden und daß die ursprüngliche Kraftanstrengung der Fasern des Gastrocnemius, Soleus und Plantaris weit größer sein muß, weil sich die meisten ihrer Muskelfasern sehr schief an die Achillessehne ansetzen. Betrüge der Anheftungswinkel im Durchschnitt auch nur 45° — was eine viel zu große Neigung sein dürfte — so würde die absolute Kraft der Wadenmuskeln 1,4142 oder ungefähr $1\frac{1}{2}$ Mal so groß, als sie an der Achillessehne erscheint, ausfallen. Ueberdies ist noch die Verschiedenheit der Länge der Muskelfasern, welche mit den auf 1 Grm. reducirten Lastgrößen in umgekehrtem Verhältnisse steht, zu berücksichtigen.

Da das mittlere specifische Gewicht der Muskeln 1,064 beträgt (§. 31), so hatte der Deltoideus ein Volumen von $\frac{445{,}91}{1{,}064} = 419{,}089$ Cubikcentimeter. Glich nun die durchschnittliche Länge seiner Muskelfasern 18 Centimeter und gingen 320 derselben auf einen Quadratmillimeter, so war ihre Gesammtzahl $\frac{419089 \times 320}{18} = 7450460$. Eine Muskelprimitivfaser wog hiernach im Durchschnitt 0,00005985 Grm. oder ungefähr $\frac{1}{20}$ Milligramm. Sie trug bei horizontal aufgehobenem unbelasteten Arme 0,002592 oder circa 2 Milligramm, in dem Maximum ihrer natürlichen Kraftanstrengung dagegen 0,03693 Grm. oder ungefähr 3 bis 4 Decigramm.

Aeltere und neuere Physiker [1]), welche ebenfalls den Deltoideus zum Gegenstand ihrer Berechnungen wählten, erhielten für die ursprüngliche absolute Kraft des Muskels zu große Resultate, weil sie nicht ganz richtige anatomisch-physikalische Grundwerthe voraussetzten. Statt den Ansatzwinkel auf den des idealen mittleren mathematischen Hebels zu reduciren, betrachteten sie als solchen die Neigung der Anheftung des untersten Theiles der Sehne des Deltoideus an den Oberarmknochen. Sie wählten daher statt 28° nur 10°. Dieses giebt aber für die absolute Kraft ein Verhältniß sin. 10° : sin. 28° = 1 : 2,703, d. h. die ursprüngliche Kraft des Deltoideus muß dann der Rechnung nach drei Mal zu groß ausfallen. Desgleichen ist es viel zu bedeutend, wenn Borelli und Muncke das Hebelverhältniß für die Belastung am Ellenbogen (nach der Sinusreduction?) = 1 : 14 oder Muschenboek für die Beschwerung an den Fingern = 1 : 33 voraussetzen.

818 Abstrahiren wir von den durch verschiedenartige Uebung vielleicht bedingten Verstärkungen der Contractionsenergie, ohne daß die Zahl der Muskelfasern proportionell zunimmt, so läßt sich als theoretisch wahrscheinlich annehmen, daß jede Muskelfaser eines und desselben Individuums dieselben möglichen Kraftgrenzen habe. Hiernach würden die absoluten Kraftgrößen der Muskeln von der Zahl und den Anfügungswinkeln der Fasern abhängen.

819 Zieht sich ein einzelner Muskel zusammen, so haben wir in Betreff der Zeitfactoren dreierlei Werthe zu unterscheiden, nämlich 1) die Zeitdauer a, während welcher er zu dem actuellen Maximum seiner Contractionsenergie gelangt, 2) diejenige b, die er in diesem Zustande verharrt, und 3) die c, welche er nöthig hat, um in seinen frühern Erschlaffungsgrad zurückzukehren. Multipliciren wir diese Werthe mit der absoluten

---

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. V. 1830. 8. S. 977—78.

Kraftgröße k, die er an und für sich besitzt, so muß kabc einen Ausdruck für die Anstrengung x geben. Man sieht aber leicht, daß x durch jeden dieser Factoren, und vorzüglich durch k und b wachsen oder fallen kann. Für jeden größern Zeitabschnitt behält wahrscheinlich x einen gleichen mittlern Werth rücksichtlich seiner aliquoten Theile. Ist daher bei einem ein Factor zu groß gewesen, so muß dieses in der Folge dadurch nachgeholt und verbessert werden, daß sich eine der genannten Functionen oder mehrere oder alle verkleinern. Wir sagen daher in der gewöhnlichen Sprache, daß ein Muskel ermüde und der Erholung bedürfe.

Um aber möglichst geringe Störungendurch diese Verhältnisse hervorzu- 820
bringen, bedient sich die Natur der Einrichtung der Antagonisten. Bei den meisten Bewegungen, welche wir mittelst einer Reihe von Muskeln vollführen, verhalten sich die einen abwechselnd wie positive, die andern wie negative Größen, und umgekehrt. Der eine ruht momentan aus, während der andere thätig ist. Auf diese Weise kann dann die Arbeit verlängert und zum Theil verstärkt werden, ohne daß Erschöpfung eintritt. Fehlt jenes antagonistische Verhältniß, so ist auch der Erfolg ungünstiger. Ein Mensch z. B., der 5 Stunden auf einem Flecke steht, ermüdet mehr, als ein solcher, welcher diese Zeit hindurch geht. Ist aber die Anstrengung während einer längern Zeitdauer selbst bei jenen alternirenden Zusammenziehungen zu sehr in Anspruch genommen worden, so wird endlich jede erhebliche Kraftäußerung unmöglich. Die Natur erzwingt dem zum Grunde liegenden Gesetze nach die Ruhe, welche ihr der Wille zu verweigern sucht. Tritt dagegen die übermäßige Kraftäußerung allmälig ein, werden die Theile hierzu mehr geübt, als angespannt, so wird dadurch an Energie gewonnen, so daß sich der Muskel besser ernährt und an Masse zunimmt. Das Blut hat daher Zeit, größere Quantitäten auszuscheiden. Da die Kraft der Zahl der Muskelfasern parallel geht, so vermehrt sich auch die Menge der letzteren. Aus diesem Grunde hat ein sehr kräftiger Mann keine wesentlich breitern Muskelfasern als das schwächlichste Mädchen. Wenn aber der Muskel von jenem bedeutend voluminöser ist, so fällt ein großer Theil des Unterschiedes auf den idealen Querschnitt, d. h. auf die Vermehrung der Anzahl der Fasern und nicht bloß auf die Länge desselben. Daß umgekehrt ein anhaltend ruhender Muskel schlecht ernährt werde, haben wir §. 568 kennen gelernt.

In der allgemeinen Physiologie §§. 86—90 wurden die Grundverhältnisse dargestellt, welche vermittelst der eben erörterten Gesetze hinsichtlich der äußeren Maschinenarbeit des Menschen auftreten. Eine ausführliche Schilderung dieser Punkte, sofern sie den Menschen oder die Hausthiere betreffen, gehört mehr in die Mechanik, als in die Physiologie. Siehe z. B. in dieser Hinsicht: F. J. v. Gerstner, Handbuch der Mechanik. Aufgesetzt, mit Beiträgen von neueren englischen Konstructionen vermehrt und herausgegeben von F. A. v. Gerstner. Bd. I. Zweite umgeänderte Auflage. Prag 1833. 8. S. 13—240, und vorzüglich S. 13—72. Hier können nur einige ihrer Endergebnisse wegen interessantere Punkte hervorgehoben werden.

Euler hatte für die Berechnung der relativen Kraft von Menschen, welche an Maschinen arbeiten, zwei theoretische Formeln aufgestellt, deren Resultate sehr verschieden ausfallen und deren experimentelle Prüfung daher erforderlich war. Bezeichnet man nämlich mit P die absolute Kraft eines Menschen, mit C die absolute Geschwindigkeit, mit welcher sich derselbe unbelastet fortbewegt, mit p die relative Kraft, welche er an der

Maschine ausübt und mit c die entsprechende Geschwindigkeit, so sollte $p = P\left(1 - \frac{c}{C}\right)^2$ oder $p = P\left(1 - \frac{c^2}{C^2}\right)$ sein. Dem Bedürfniß der empirischen Prüfung dieser beiden Formeln genügte Schultze[1]) durch eine Reihe sorgfältiger Versuche. Er suchte an zwanzig Arbeitern, deren Größe und Körpergewicht er vorher bestimmt hatte, die genannten Werthe für einfachere Leistungen zu finden und gewann hierbei manche nicht uninteressante Nebenresultate. So z. B. ergab sich, daß lang gewachsene Menschen leicht eine Last senkrecht emporziehen, während Personen mit bedeutendem Körpergewicht geeigneter sind, einen über eine Welle gehenden Strick, der an einem Widerstande befestigt ist, nach abwärts zu führen. Die ersteren haben dabei nicht immer die größte Zugkraft für ein Seil, das sie in horizontaler Direction angreifen. Was nun die Formelverhältnisse betrifft, so ergab sich aus den Specialversuchen, welche in der Abhandlung selbst nachgesehen werden müssen[2]), P = 730 Pfd., C = 5,30 Fuß, c = 2,45 und p (auf c = 2,45 reducirt) = 218,4 Pfd. Nach der ersten Euler'schen Formel hätten wir daher $p = 730 \left(1 - \frac{2{,}45}{5{,}30}\right)^2 = 211{,}09$ Pfd., nach der zweiten dagegen $p = 730 \left[1 - \frac{(2{,}45)^2}{(5{,}30)^2}\right] = 574{,}01$[3]). Jene erscheint deshalb als die richtigere. Hieraus erhellt zugleich, daß jeder der Arbeiter durchschnittlich $\frac{218{,}4}{7} = 31{,}2$ Pfd. relative Kraft mit 2,45 Fuß Geschwindigkeit darbot.

Bei Gelegenheit einer sehr scharfsinnigen Untersuchung über den Kraftverlust, der bei dem Treppensteigen mit oder ohne Lasten und bei verschiedenen Handarbeiten Statt findet (siehe §. 88 und §. 90.), kam Coulomb[4]) auf mehrere interessante Formeln und Nebenresultate. So z. B. nimmt er an, daß ein Mensch von 70 Kilogr. Körpergewicht in einem Tage auf ebenem Boden 50 Kilometer gehen könne, ohne übermäßig zu ermüden. Dieses giebt daher ein tägliches Kraftäquivalent von $70 \times 50 = 3500$ Kilogr. auf 1 Kilometer. Steigt er auf einer Haustreppe mehr als 30 Meter hinauf, so führt er seine Körperlast in der Minute 14 Meter hoch. Wir haben daher $70 \times 14 = 980$ Kilogr. auf 1 Meter. Kann er aber diese Arbeit nur täglich drei Stunden aushalten (§. 88), so haben wir für einen Tag $= \frac{3{,}5 \times 60 \times 980}{1000} = 205{,}8$ Kilogr. auf 1 Kilometer. Ist angenommenermaßen die Treppe ⅓ so hoch[5]) als lang, so gleicht ihr

---

1) Nouveaux Mémoires de l'académie des Sciences et belles Lettres. Année 1783. Berlin, 1785. 4. p. 303—340.

2) P wurde durch das Gewicht bestimmt, welchem 7 der Arbeiter bei dem Zuge, ohne fortgerissen zu werden, das Gleichgewicht halten konnten, C dadurch, daß sie einen 12000 rheinische Fuß langen Weg mehrere Male durchdringen, c und p ergaben sich aus den Arbeiten der 7 Individuen an einem Werke, an welchem sonst zwei große und harte Marmorcylinder um einen verticalen Holzcylinder von einem Pferde mit 10 rhein. Fuß Kreisbahn gedreht wurden.

3) Schultze selbst hat als Resultat der Berechnung der ersteren Formel 205 und der letzteren 153 Pfd. Es muß daher entweder in dem Abdrucke der zweiten Euler'schen Formel, die in Gehler's physikalischem Wörterbuche Bd. V. S. 982 in gleicher Weise wiederkehrt, oder in der Berechnung ein Irrthum vorgefallen sein. $P\frac{c^2}{C^2}$ würde 155,922 Pfd. geben.

4) Mémoires de l'Institut National des Sciences et Arts. Sciences mathématiques et physiques. Tome II. Paris. An VII. p. 380—428.

5) Ich bediene mich hierbei der Consequenz wegen der in §. 88 angeführten, von Baumgartner herrührenden Bestimmung. Die hiesigen Steintreppen wenigstens sind aber durchschnittlich bedeutend steiler. Die des Hauses z. B., in welchem ich wohne, hat eine schief ansteigende Länge von 17,166, während auf die gerade Länge derselben 14,4166 kommen. Bezeichnen wir daher den Neigungswinkel derselben mit φ, so haben wir $\cos. \varphi = \frac{14{,}4166 \times \sin. \text{tot.}}{17\,166}$ und daher $\varphi = 32^0\ 53'$. Die Treppe in der Anatomie zeigte auf eine Länge von 20,1 eine Höhe von 9,3. Daher $\sin. \varphi = \frac{9{,}3 \sin. \text{tot.}}{20{,}1}$ und daher $\varphi = 27^0\ 33'$.

dann mäßiger Neigungswinkel $\frac{1}{3}$ sin. tot. $= 17^\circ\ 27'\ 29''$. Das Kraftäquivalent 205,8 Kilogr. ist aber nur $\frac{205,8}{3500} = 0,0588 = \frac{147}{2500}$ oder $\frac{1}{17}$ von dem, welches bei dem Gehen auf ebenem Boden resultirte. Nimmt man an, daß die mittlere Höhe einer Treppenstufe 13,5 Centimeter, die Durchschnittslänge eines Schrittes dagegen 65 Centimeter beträgt, so haben wir $\frac{13,5 \times 17}{65} = 3,53$, d. h. die Anstrengung, um eine Treppenstufe zu steigen, ist dann ungefähr eben so groß, als wenn das Individuum $3\frac{1}{2}$ Schritte auf ebenem Boden machte.

Um die Lastgröße P zu finden, welche bei dem Treppensteigen mit beschwertem Körper das Maximum des Nutzeffectes giebt, entwickelt Coulomb die Formel $P = Q \left[\left(1 + \frac{a}{bQ}\right)^{1/2} - 1\right]$. Hierbei bezeichnet Q das Körpergewicht des Menschen, a das Kraftäquivalent für das Treppensteigen ohne Last, nach Reduction auf eine Zeit- und eine Höheneinheit, und b den Coefficienten der Verminderung derselben, welche auf eine gleiche Einheit Last kommt. Macht man nach den obigen Daten $Q = 70$ und $a = 205$, während b nach anderen Versuchen $= 1,41$ ist, so erhält man $P = 70\, [\sqrt{(3,0770)} - 1] = 52,790$ Kilogr. Ist aber das Kraftäquivalent auf eine Höheneinheit, z. B. 1 Kilometer reducirt, so haben wir für den Nutzeffect einer bestimmten Last $N = \frac{(a - bP)\,P}{Q + P}$. Dieses giebt für 52,790 Kilogr. Belastung $\frac{130,5665}{122,790} \times 52,790 = 56,134$ Kilogr. auf 1 Kilometer Höhe täglichen Nutzeffectes. Für das Treppensteigen ohne Belastung betrug aber dieser Werth 205 Kilogr. Wir haben mithin $\frac{205}{56,134} = 3,652$, d. h. der Mensch verliert, indem er mit 52,790 Kilogr. belastet auf einer Treppe emporsteigt und unbelastet wieder hinabgeht, beinahe $\frac{3}{4}$ seiner Kraftanstrengung. Er würde daher fast das Vierfache leisten, wenn er unbeschwert die Treppe hinaufginge, sich dann an einem Seile frei herunterließe und gleichzeitig mittelst seines Körpergewichtes eine Last emporzöge, die abgesehen von der Reibung nur um Weniges geringer, als seine Körperschwere beträgt, ausfiele.

Schon diese beiden Beispiele zeigen deutlich, daß die Erfahrungsresultate von einem Grundtheoreme der älteren Mathematiker abweichen. Bernouilli nämlich nahm an, daß die Ermüdung dem Kraftäquivalente immer proportional sei. Uebersteige man daher nicht die natürlichen Grenzen, so können Kraft, Zeit und Geschwindigkeit nach Willkühr im Einzelnen variirt werden, ohne daß eine Grundveränderung eintrete. Wenn nur das Product dieser drei Größen dasselbe bleibe, so resultire stets derselbe Grad von Ermüdung. Nach ihm sollte daher ein kräftiger Arbeiter bei jeglicher Art von Beschäftigung so viel leisten, als wenn er täglich 274,7 Kilogr. auf 1 Kilometer emporhöbe. Wir haben aber gesehen, daß das Kraftäquivalent bei dem Gehen auf ebenem Boden 3500, bei dem unbelasteten Treppensteigen 205,8, bei dem Treppensteigen mit 52,770 Kilogr. Last 56,134 Kilogr. beträgt. In Betreff anderer Arbeiten sind die nöthigen relativen Zahlen schon §. 86 und §. 90 angegeben worden. Das Bernouilli'sche Theorem kann höchstens nur für gewisse mittlere Kraftgrößen eine annähernde Richtigkeit haben. Hiernach nehmen auch einzelne Mechaniker, wie z. B. Gerstner an, daß 10 Pfd. Kraft und 1 Fuß Geschwindigkeit für einen Arbeiter äquivalent seien.

Um die Lastgröße, welcher eine Muskelzusammenziehung das Gleich- 821
gewicht hält, unmittelbar zu finden, dient ein auf die Elasticität von Federn sich stützendes Myodynamometer, welches in dieser Beziehung pünktlicher als eine Wagenvorrichtung arbeitet. Mittelst eines solchen Instrumentes lassen sich jene oben angeführten theoretischen Berechnungen der bedeutenden Größen der Muskelkräfte verificiren. Zu gleicher Zeit ist man hierdurch aufzufinden im Stande, in welchem Maaße sich die Reizbarkeitsverhältnisse nach dem Tode und unter verschiedenen abweichenden Verhältnissen während des Lebens ändern.

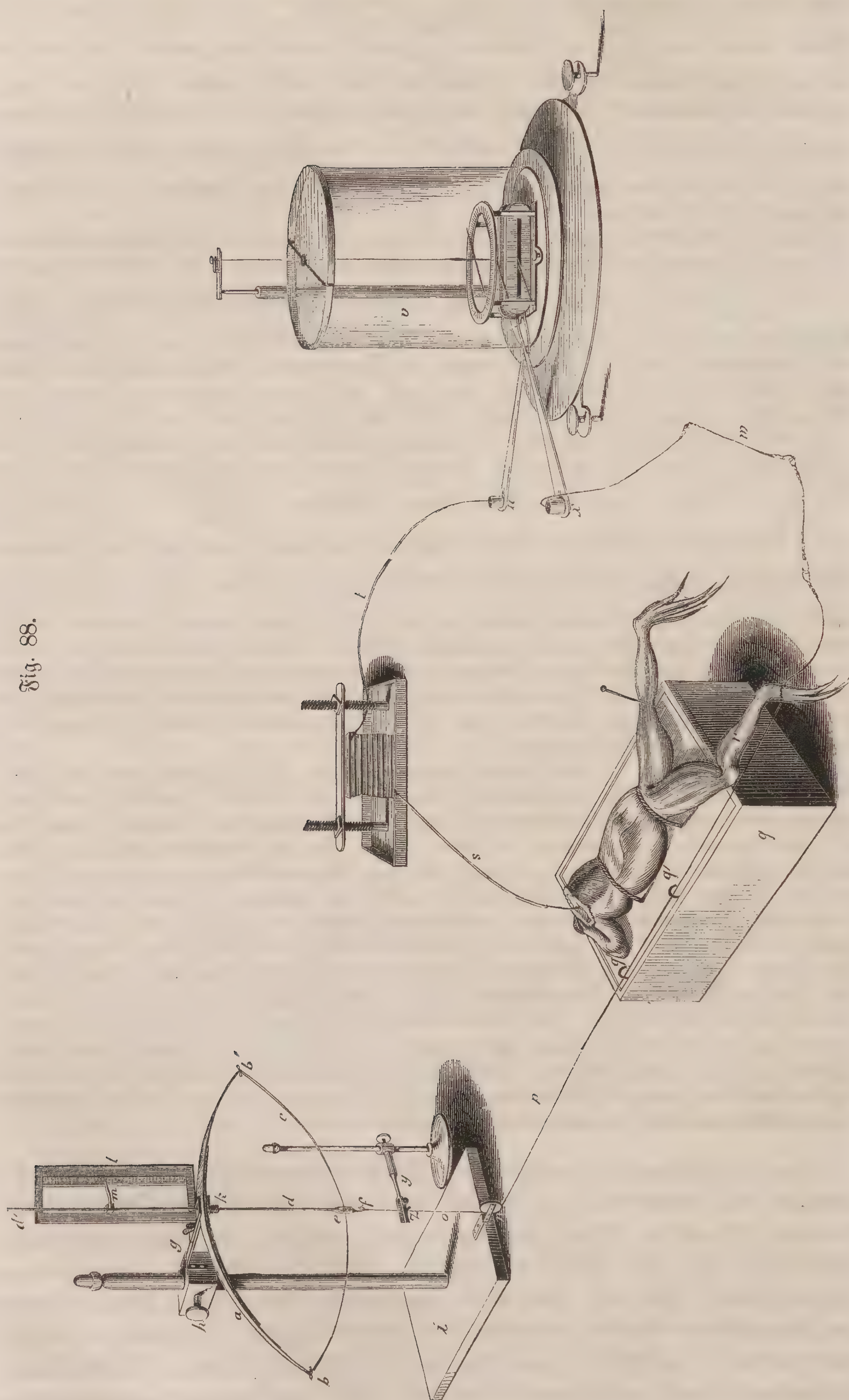


Fig. 88.

Schwann gebrauchte zu einer hierher gehörenden Beobachtungsreihe eine gewöhnliche zweiarmige Wage, an deren einem Arme ein mit dem Gastrocnemius eines Frosches in Verbindung stehender Faden zog. Engelhardt bediente sich zu seinen ausführlichen Untersuchungen einer gleicharmigen Zeigerwage, bei welcher ein senkrechter mit einer Bleikugel beschwerter Zeiger an einem horizontal gelegten Kreisbogen spielte. Da sich die Hinterfüße des Frosches, wenn sie gebogen sind, bei galvanischer Reizung strecken, so wurde der eine derselben an das Ende des einen horizontalen Armes der Wage angebunden. Extendirte sich das Glied, so ging er nach abwärts, der senkrechte beschwerte Zeiger dagegen nach der entgegengesetzten Seite am Gradbogen nach aufwärts. Man suchte nun später die der gefundenen Gradzahl entsprechenden Gewichtsgrößen.

Solche Wagenvorrichtungen haben zwei wesentliche Nachtheile. 1) Das Schnellen. Wenn wir mit Muße eine Last abwägen, so warten wir das Balancement des Wagebalkens ruhig ab. Bei diesen Muskelversuchen dagegen handelt es sich um die Ermittelung einer momentan wirkenden Kraft. Es kann daher jeder Werth durch die augenblicklichen Trägheitsmomente des Balkens getrübt sein. 2) aber ändert sich der Zugwinkel mit der Bewegung des Gliedes und, wir haben nicht immer eine sichere Controle desselben und mithin des durch diesen Punkt entstehenden Kraftverlustes.

Zu den später verzeichneten Beobachtungen diente mir folgendes Myodynamometer. Eine 26 Centim. lange Uhrfeder a Fig. 88, welche in ihrer Mitte eine Maximalbreite von 1,8 Centimeter hat, verjüngt sich nach ihren beiderseitigen Enden dergestalt, daß sie zuletzt nur einen halben Centimeter Breite besitzt. Hier ist sie dann bei b und b′ durch zwei kleine angefügte Charniere mit einer schmaleren, entgegengesetzt gerichteten Feder c, welche ebenfalls 26 Centimeter lang, aber überall nur 0,25 bis 0,3 C. breit ist, verbunden. Die mittlere Dicke der Federn mochte etwa schätzungsweise $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{10}$ Millimeter betragen. Unter der größeren Feder bab′ befinden sich mehrere andere z. B., welche wir mit dem Namen der Unterlagsfedern bezeichnen wollen und die beiderseits symmetrisch an Länge abnehmen, dagegen von der Mitte aus der Hauptfeder bab′ proportional gleich sind. Die Mitte dieser sämmtlichen Federn ist durch ein Loch durchbohrt. Durch dieses geht ein eiserner Stab dd′, welcher bei e ein durchlöchertes Messingstück besitzt. Durch die Oeffnung des letzteren tritt die schwächere convexe Feder bcb′ hindurch. An seinem Ende aber besitzt es einen Messinghaken f, auf welchen die Kraft des Muskels zunächst einwirken soll. Oberhalb c über der convexen Hauptfeder bab′ befindet sich ein horizontales Messingstück, welches mittelst einer Schraube an einen eisernen Winkelarm befestigt werden kann. Das letztere g wird dann durch ein paar Schrauben an den auf- und abzubewegenden Arm h eines Statives i fest angebracht. Bei k ist eine Schraubenmutter angebracht, welche den doppelten Zweck hat, einerseits die Hauptfeder bab′ an das horizontale Mittelstück und anderseits die Unterlagsfedern an jene zu befestigen. Senkrecht auf dem horizontalen Messingstücke, gegen welches diese Mutterschraube drückt, existirt ein durchbrochenes messingenes Skalenbrett l, auf welchem 1 Decimeter in 100 Millimeter getheilt ist. Der Eisenstab hat einen horizontalen stählernen Zeiger m, welcher vermittelst einer Schraube höher oder tiefer gestellt zu werden vermag.

Man sieht hieraus, daß dieses Myodynamometer streng genommen nichts anderes, als ein Pfeilbogen ist. Ist z. B. der Zeiger m auf 0^0 der Skale eingestellt und hängen wir an den Haken f des Stabes dd′ ein Gewicht, so wird jener proportional heruntergehen. Die untere Feder bcb′ wird concaver, die obere bab′ converer werden. Die Größe aber, um welche der Zeiger hinabsteigt, muß dem Gewichte, welches bei f zieht, proportional sein. Indem jedoch die Spannung der Federn immer zunimmt, wird nicht etwa jeder beliebige Skalengrad einem bestimmten Gewichte entsprechen, sondern diese werden um so größer ausfallen, jemehr sich der Grad der tiefsten Stelle der Skale, also 100 Millimeter nähert.

Um nun immer den Zug senkrecht zu haben, wird an das untere Querbrett i des Statives ein messingenes Wellenrad n so angebracht, daß ein an den Haken f angebundener und um das Wellenrad n geleiteter Seidenfaden fop in fo senkrecht steht. Wenn daher der Frosch oder ein anderes Thier an der Verlängerung von p horizontal zieht, so bleibt die bei f wirkende Kraft unter gewissen bald zu erwähnenden Vorsichtsmaßregeln immer die gleiche.

Zur Befestigung des Frosches dient eine runde oder viereckige Schachtel q, welche in ihrem Innern mit entsprechenden Gewichten beschwert ist, damit sie fest stehen bleibe.

Ihr Deckel hat eine Reihe von doppelten Löchern, durch welche Schnüre hindurchgezogen werden, um das Thier anzubinden. Todte Frösche können am einfachsten; sowie es die Abbildung zeigt, fixirt werden. Bei lebenden geht, um Störungen zu vermeiden, ein Faden um die Schulter, so daß die eine vordere Extremität vor, die andere hinter der Schnur liegt. Eine zweite Befestigung trifft die Gegend des Schwanzbeines. Der Faden o p wird nun durch die bei q und q' befindlichen eingeschlagenen Drähte durchgeleitet und an die Mitte des Fußes der Extremität r, deren Kraft man untersuchen will, angebunden. Der Sicherheit wegen kann man noch unmittelbar vor dem entsprechenden Oberschenkel einen Leitungshaken einschalten. Der Zweck dieser Vorrichtung besteht darin, daß nicht die Extremität seitlich ausfahre, sondern sich möglichst gerade zu strecken suche.

Sollen die Zuckungen durch galvanische Ströme bewirkt werden, so gebraucht man als Elektroden sehr biegsame Kupfer- oder Eisendrähte, welche bis auf ihre Endtheile mit Siegellack überzogen sind. Die positive s wird dann in das Rückenmark enthaupteter oder an den Nerven lebender Thiere, die negative t dagegen in das eine Quecksilbernäpfchen u des Galvanometers v geleitet. Ein aus drei kettenartig verbundenen Gliedern bestehender Draht [1]) w wird in den Fuß des Frosches eingeführt. Senkt man nun diesen in das zweite Galvanometer x, so geht der Strom durch das Thier und das Galvanometer. Er streicht durch das erstere in centrifugaler Richtung und erregt daher meistentheils bei getödteten Fröschen eine stärkere Schließungszuckung. Nachdem ein Gehilfe die Abweichungsgrade der Magnetnadel abgelesen, öffnet man die Kette von neuem.

Um die Kraftgröße der Zusammenziehung zu erhalten, wäre scheinbar das Einfachste, daß man die Schachtel q so weit zurückzöge, bis der Faden f o p q etwas angespannt und der Zeiger m um einige Grade unter den Nullpunkt gewichen ist. Allein bei genauerer Betrachtung zeigt sich, daß auf diese Weise fehlerhafte Resultate gewonnen werden könnten. Gesetzt, der Froschschenkel ziehe mit solcher Kraft, daß der Zeiger bis zu 60 Millimeter gebracht werde. Wir hätten diesen bei Anziehung des Fadens auf 10 Millimeter eingestellt. Arbeitet nun der Frosch mit einer Kraftgröße, welche 60 Millimeter äquivalent ist, und excursirt nur um 20 Millimeter, so wird der Zeiger des Dynamometers bloß bis 30° hinabgehen und wir erhalten eine mehr als halb so kleine Kraftgröße, als wahrhaft Statt findet. Um das Maximum der letzteren zu finden, müßte die Schachtel so weit zurückgerückt werden, daß der Zeiger auf 59—60° steht. Allein dann käme der Fuß durch den Zug des Fadens in die unnatürlichste Lage, dränge leicht durch den Leitungsfaden hindurch und könnte nicht unter diesen Verhältnissen regelrecht wirken. Um dieses zu verhüten, befindet sich an dem Stiele des Gestelles i oder an einem daneben stehenden Stative eine Gabel y, welche auf- und abgeschraubt und genau festgestellt werden kann und zwischen deren Zinken der Faden f o hinabgeht. Der letztere läuft unterhalb der Gabel durch ein ebenes Holzkreuz z, dessen Arme länger sind, als die Distanz der beiden Gabeläste. Nun schraubt man die Gabel so weit hinab, daß das hinuntergedrängte Kreuz den Faden und den Stab d d' so weit hinabzieht, daß der Zeiger z. B. bei 59° steht. Man rückt hierauf die Schachtel q so weit zurück, daß der Faden o p q etwas gespannt ist und z. B. der Zeiger auf 59½° kommt. Ober-, Unterschenkel und Fuß des Frosches können dann ohne Störung in eine möglichst gebogene Lage gebracht werden. Entspricht die Kraftgröße 60°, so wird der Zeiger während der Zusammenziehung noch ein wenig hinabgehen, sich aber nicht mehr ändern, sobald er unmittelbar darauf auf 60½° eingestellt wird. Man findet auf diese Weise das in Graden ausgedrückte Aequivalent der wahren Kraftgröße der Muskelzusammenziehung und zwar unabhängig von der Größe der Excursion. Bei der Zeigerwage ist man, wie man leicht sieht, gegen die letztere Bedingung nicht gesichert.

Nun handelt es sich noch darum, das Gewicht, welches einem bestimmten Skalengrade entspricht, zu finden. Das einfachste wäre, an dem bei f befindlichen Haken eine abgewogene Wagschaale aufzuhängen und in diese die nöthigen Gewichte einzulegen. Allein hierbei erzeugen nicht selten die Pendelschwingungen der Wagschaale und das Herabfallen der Gewichte untergeordnete Irrungen. Deshalb hat das obere Ende des Drahtes

---

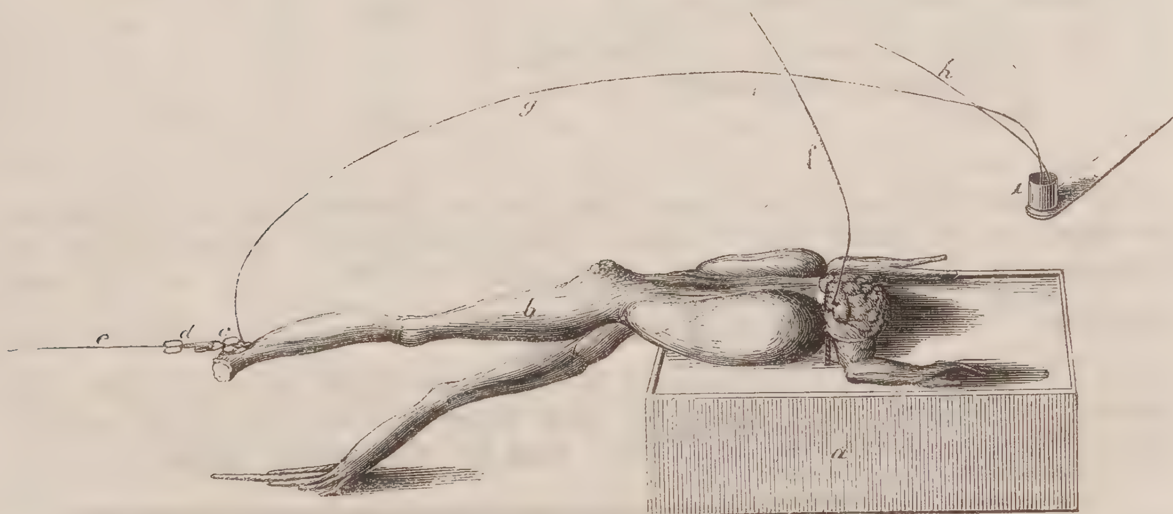
[1]) Die Ursache, weshalb diese Verbindungsform gewählt wird, besteht darin, daß einfacher, selbst biegsamer Draht oft genirt, ein vollkommenes eingelegtes Kettchen dagegen zu schlecht leitet.

dd′ eine Schraube, an welcher ein messingener Teller befestigt werden kann. Auf diesen kommen die Gewichte, zu welchen dann das des Tellers und der Werth der Reibung der Achse des Wellenrades n hinzuaddirt werden muß. Steigt z. B. der Zeiger, sobald 120 Grm. aufliegen, bis zu 60° hinab, gleicht der Teller 5,735 Grm. und beträgt die Reibung für jene Last 5 Grm., so haben wir 60° des Dynamometers = 130,7 Grm.

Der Sicherheit wegen habe ich mich in dieser Beziehung nie auf eine vorher verfertigte Gewichtsskale verlassen, sondern die entsprechenden Lastwerthe unmittelbar nach den Versuchen bestimmt, weil selbst die besten Federn nach den Einflüssen der Temperatur, der Feuchtigkeit u. dgl. nicht selten variiren. Jedoch muß ich anderseits bemerken, daß ich an dem von mir gebrauchten Dynamometer unmittelbar nach der Construction desselben die Gewichte bestimmte und z. B. bei einem Aequivalent von 120 Grm. noch kein Gramm Unterschied herauskam, nachdem das Instrument innerhalb 6 Wochen mindestens 3—400 Mal schwerere Lasten gezogen hatte. Nur ist hierbei die Vorsicht zu gebrauchen, daß man die Gewichte immer auf die gleiche Stelle des Tellers auflegt.

Da es bei den meisten Versuchen nicht sowohl auf die Bestimmung ankommt, was der Fuß im Ganzen, als was ein einzelner Muskel desselben ziehen kann, so muß hiernach die Behandlungsweise des enthaupteten Frosches etwas geändert werden. Man wendet die Schachtel a, Fig. 89, so, daß die zu untersuchende Extremität b des Frosches

Fig. 89.



gegen das Dynamometer gerichtet ist. Man schneidet hierauf den Fuß ab, legt die Achillessehne bloß und befestigt an diese das Oehr c eines Heftchens, dessen Haken d mit dem Ende des Zugfadens e in Verbindung steht. Die positive Elektrode f dringt in das Rückenmark, während ein Verbindungsdraht g an den Gastrocnemius befestigt ist. Will man nicht gleichzeitig die Größe der Abweichung der Galvanometernadel bestimmen, so senkt man die negative h in ein Quecksilbernäpfchen i, welches zugleich den Verbindungsdraht h aufnimmt. Sind der Körper des Frosches und der Oberschenkel hinreichend befestigt, so zieht, wie vergleichende Versuche lehren, der Gastrocnemius allein. Will man aber vor allen möglichen Fehlern vollkommen geschützt sein, so durchschneidet man den Unterschenkel bis auf die Achillessehne und trennt alle Theile des Oberschenkels bis auf das Femur und den Hüftnerven, wie dieses Fig. 91 bei Gelegenheit des Bunsen'schen Apparates abgebildet ist.

Mittelst des Myodynamometers lassen sich nun folgende Lehrsätze numerisch erhärten.

Erster Satz. Die unmittelbare an Fröschen anzustellende Beobachtung bekräftigt vollkommen die früher dargelegten theoretischen Berechnungen, welche für die Kräfte der Muskeln verhältnißmäßig sehr bedeutende Werthe lieferten. Wenn z. B. ein Frosch seinen Hinterfuß mit sehr mäßiger Stärke streckt, so arbeiten die Extensoren des Unterschenkels und der Ferse mit einer Energie, welche das Drei- bis Vierfache des ge-

sammten Körpergewichtes beträgt. Die Wadenmuskeln allein aber sind in dem Maximum ihrer natürlichen Anstrengung im Stande, mehr als das Dreißigfache des letztern zu überwinden. 1 Grm. derselben vermag einem Gewichte von 1500 — 2000, ja sogar von 2000 — 3000 Grm. und mehr das Aequiliber zu halten.

Belege. 1) Ein Frosch von 25,33 Grm. Körpergewicht zog, wenn die Gegend seines Afters gekitzelt wurde, mit dem rechten sowohl als dem linken Hinterfuße 83,7 Grm. Diese Arbeit wurde der Befestigung des Thieres wegen durch Streckung des Unterschenkels und des Fußes bewirkt. Unmittelbar nach der darauf vorgenommenen Enthauptung des Geschöpfes ergaben sich folgende Werthe:

	Gewicht in Grm.	
	Rechter Hinterfuß.	Linker Hinterfuß.
Die hintere Extremität im Ganzen . . .	4,64	4,52
Extensor cruris und Gastrocnemius [1] . .	0,93	—
Die gesammte Musculatur des Ober- und Unterschenkels mit Ausschluß der des Fußes	2,37	2,37

Es verhielt sich mithin das Gewicht einer hinteren Extremität zu dem des gesammten Körpers = 1 : 5,459 oder 1 : 5,604. Jeder Hinterfuß zog bei sehr mäßiger Anstrengung seines Extensor cruris und Gastrocnemius 3,3 Mal so viel, als der ganze Frosch wog. 1 Grm. der genannten Muskeln entsprach dann $\frac{83,7}{0,93}$ = 90 Grm. Last.

2) Unter den gleichen Verhältnissen bewältigte ein Frosch von 32,62 Grm. Körpergewicht mit seinem rechten Hinterfuße einen Widerstand von 130,7 Grm. und mit seinem linken einen solchen von 138,7 Grm. Nach der Enthauptung wogen:

	Gewicht in Grm.	
	Rechter Hinterfuß.	Linker Hinterfuß.
Die gesammte hintere Extremität	5,86	5,73
Extensor femoris	0,78	0,77
Gastrocnemius	0,50	0,52

Es verhält sich also das Gewicht eines Hinterfußes zu dem des ganzen Frosches = 1 : 5,567 oder 1 : 5,693. Der erstere zog bei mäßiger Anstrengung 4,13 Mal so viel, als der ganze Frosch wog. Auf 1 Grm. Extensor cruris und Gastrocnemius kamen am rechten Hinterbeine $\frac{130,7}{1,28}$ = 102,11 Grm. und am linken $\frac{138,7}{1,29}$ = 107,52 Grm. überwundenen Widerstandes.

3) Ein 24,15 Grm. schwerer Frosch zog mit seinem rechten Hinterfuße, sobald die Zehen desselben mit starker Salpetersäure betupft wurden, 288,3 Grm. Die Extremität

[1] Der Kürze wegen gebrauche ich diese Ausdrücke, welche J. C. Zencker in seiner Batrachomyologia. Jenae, 1825. 4. p. 41. 42. eingeführt hat.

im Ganzen wog 4,05 Grm. und verhielt sich daher zu dem Körpergewichte = 1 : 5,963. Der Extensor cruris betrug 0,58 Grm. und der Gastrocnemius 0,33 Grm.

Es überwand mithin ein Hinterbein bei starker Anstrengung mittelst der Wirkung der Strecker des Unterschenkels und der Ferse 11,938 Mal so viel, als das Körpergewicht ausmachte. Auf 1 Grm. Strecker kamen $\frac{288,3}{0,91} = 316,81$ Grm. bewältigter Last.

Alle Versuche aber, in denen der Schenkel im Ganzen arbeitet, sind viel zu complicirt, als daß hierbei fixe Resultate erhalten werden könnten. Um solche zu erreichen, muß die Lastwirkung einzelner isolirter Muskeln geprüft werden.

4) Bei dem zuletzt genannten Frosche überwand der linke Gastrocnemius ¼ Stunde nach der Enthauptung im Maximum 305,3 Grm., also 17 Grm. mehr, als dieser Muskel nebst dem Extensor cruris bei starker Anregung im Leben zogen. Der galvanische Strom der aus acht einzölligen Plattenpaaren bestehenden Kette, bei welcher mit sehr verdünnter Schwefelsäure mäßig durchtränkter Pappdeckel als feuchter Leiter diente [1], glich 140° des Galvanometers. Die überwundene Last betrug daher $\frac{305,3}{24,15} = 12,642$ Mal so viel, als der Frosch im Ganzen wog. Die Wadenmuskeln glichen 0,33 Grm. Mithin kamen auf 1 Grm. derselben 925,15 Grm. bewältigter Last.

5) Bei einem kleinen, aber sehr kräftigen Frosche von 16,08 Grm. Körpergewicht zog der linke Gastrocnemius innerhalb der ersten 18 Minuten nach der Enthauptung 255,3 Grm. Der rechte dagegen bewältigte zwischen 29 und 38 Minuten nach dem Tode 240,3 Grm. Die Magnetnadel des Galvanometers zeigte 120° bis 250° an. Jeder der beiden Gastrocnemii wog 0,18 Grm. Der linke Gastrocnemius überwand daher 15,877 und der rechte 14,944 Mal so viel, als das Körpergewicht betrug. Auf 1 Grm. des ersteren kamen 1418,4 Grm., auf 1 Grm. des letzteren 1335,0 Grm. besiegter Last.

6) Einem ziemlich abgemagerten Frosche von 33,76 Grm. Körpergewicht wurde der Zugfaden an die losgeschnittene linke Achillessehne befestigt und alsdann der Hüftnerve in der Mitte des Oberschenkels durchschnitten und mit der positiven Elektrode in Verbindung gebracht. Das Galvanometer gab 160° an. Der Gastrocnemius zog sowohl unmittelbar nach der Operation als 4 Stunden nach derselben 477,7 Grm., d. h. 14,150 Mal so viel, als der Frosch im Ganzen wog. Er glich 0,56 Grm. Auf 1 Grm. kamen daher 853,03 Grm. Last. Die Vergleichung dieses Resultates mit dem aus Nr. 5 erhaltenen Ergebnisse lehrt, daß es für die Größe der Kraftwirkungen nicht sowohl auf eine bedeutende Körpermasse als auf die gesunde Ernährung und die Lebendigkeit des Thieres ankommt.

7) Bei dem unter Nr. 6 genannten Frosche wurde die positive Elektrode der 160°—170° Abweichung erzeugenden Säule in das Rückenmark, die negative an den am Zugfaden befestigten Rectus abdominis der rechten Seite gebracht. Dieser bewältigte 15—20 Minuten nach dem Tode des Thieres 190,7 Grm., also 5,649 Mal so viel, als das Körpergewicht ausmachte. Sein Gewicht betrug 0,186 Grm. [2]). 1 Grm. desselben zog mithin 1025,27 Grm.

8) Unter denselben Verhältnissen überwältigte der linke gerade Bauchmuskel eines 37,21 Grm. schweren männlichen Frosches, ¼ Stunde nach der Enthauptung und bei 160° Galvanometer, 234,7 Grm., d. h. 6,308 Mal so viel, als das Thier im Ganzen wog. Der Rectus abdominis glich 0,21 Grm. Es kamen mithin auf 1 Grm. seiner Muskelsubstanz 1117,62 Grm. Last.

---

[1]) Eine gleiche Säule wurde zu allen folgenden Versuchen gebraucht. Was die Galvanometerwerthe betrifft, so habe ich sie zwar bei den einzelnen Experimenten angeführt, um zu zeigen, daß die galvanischen Ströme mindestens immer die nöthige Größe hatten. Allein diese Zahlen geben kein genaues Maaß, weil bekanntlich empfindlichere Galvanometer für so starke Ströme, als für die Maxima der Lastwirkungen nothwendig sind, keine sicheren Bestimmungen liefern.

[2]) Bei den in Nr. 7 und 8 angeführten Abwägungen des Rectus abdominis wurde nicht bloß dieser Muskel, sondern auch der Brachio-abdominalis Zenk. berücksichtigt, weil die Fasern desselben bei dem Zuge mitwirken. Für den bloßen geraden Bauchmuskel allein würden sich noch bedeutendere, wahrscheinlich aber minder exacte Werthe ergeben haben.

9) Der bis auf seinen oberen Ansatz isolirte Sartorius eines Frosches von 27,71 Grm. Körpergewicht zog ¾ Stunden nach der Enthauptung bei 150° Galvanometer 37,7 Grm., d. h. 1,36 Mal so viel, als der Frosch wog. Das Gewicht des Muskels glich 0,065 Grm. 1 Grm. desselben entsprachen mithin 580 Grm. Last. Da in den ersten drei Viertelstunden nach dem Tode ein großer Theil der Reizbarkeit verloren geht, so unterliegt es keinem Zweifel, daß sich unmittelbar nach dem Tode des Thieres noch bedeutendere Resultate ergeben haben würden.

Daß die einzelnen Muskeln diese starken Lasten überwinden, sieht man am einfachsten am Gastrocnemius. Bei allen oben erwähnten Beobachtungen blieb der Unterschenkel fixirt und unverrückt. Ohne directe Veränderung der Wirkung kann man auch den Oberschenkel dicht über dem Kniegelenke lostrennen und den Gastrocnemius, so weit es ohne Verletzung seiner Nerven möglich ist, isoliren. Auch hier erhält man dann sehr große Werthe. Die 0,28 Grm. betragenden Wadenmuskeln eines 29,06 Grm. wiegenden Frosches zogen auf diese Weise 1 Stunde 43 Minuten nach der Enthauptung, wenn also ihre Reizbarkeit schon bedeutend an Intensität verloren hatte, 263,7 Grm. Der centrifugale galvanische Strom glich 190°. Auf 1 Grm. Wadenmuskeln kamen daher noch trotz der absterbenden Irritabilität 941,79 Grm. Last.

Sämmtliche hier und im Folgenden verzeichneten Beobachtungen wurden im Januar und Februar an Fröschen angestellt, welche seit dem November in einem künstlichen Teiche ohne besondere Nahrung aufbewahrt worden waren. Es unterliegt daher schon theoretisch keinem Zweifel, daß man im Frühjahre oder Sommer bei lebenskräftigen gut genährten Fröschen noch weit größere Zahlen erhalten würde. Dieses bestätigte auch die Erfahrung auf das Vollkommenste. Haben die Thiere eine Zeit lang im warmen Zimmer gestanden, sind sie gut genährt und befinden sie sich besonders in ihrer Brunstzeit, so zieht nicht selten ihr Gastrocnemius noch 5 Stunden nach dem Tode, wenn er selbst nur 0,3 Grm. beträgt, mehr als 750 Grm., d. h. mehr als 2500 Mal so viel, als er ursprünglich wiegt. Die Belege hierfür sind in den später anzuführenden Sätzen, vorzüglich in demjenigen, welcher von der Abnahme der Irritabilität nach dem Tode handelt, angegeben.

Zweiter Satz. Da die Zugwirkung eines Muskels nur durch die Verkürzung desselben zu Stande kommen kann, so muß sie natürlicher Weise in dem Maximum der Ausdehnung der Fasern = 0 sein. Ebenso wird die relative Intensität der Contraction, wenn die absolute gleich bleibt, abnehmen, sobald die Muskelfasern schon vorher verkürzt waren. Bei möglichster Ausdehnung derselben kann die volle absolute Intensität der Contraction und die ganze Verkürzungsgröße derselben in Wirksamkeit treten.

Dieser Satz ergiebt sich aus den theoretischen Betrachtung von selbst. Der Muskel vermag nur dann zu ziehen, wenn seine Fasern kürzer werden. Kann diese Bedingung nicht erfüllt werden, so wird sein möglicher Zug auf Null reducirt. Durchschneiden wir einen Muskel an seinen beiden Seiten, so daß er sich von selbst contrahirt, so tritt dieser Erfolg noch nicht auf. Denn die Fasern haben in diesem Falle nicht das Maximum ihrer Verkürzungsgrößen erreicht. Leiten wir einen galvanischen Strom ein, so contrahirt er sich noch in einem geringeren oder größeren Grade und vermag daher nach außen zu wirken. Setzen wir die absolute Intensität seiner Kraft bei einem bestimmten Reize = a, so wird ein Theil derselben = b verbraucht, um jene von selbst erfolgende Längenverminderung zu erzeugen. Contrahirt er sich von neuem, so kann er dann bloß mit a — b arbeiten. Nur in dem Maximum der vorhergegangenen Ausdehnung ist a im Stande, mit seiner Wirksamkeit in vollem Maaße hervorzutreten.

Das Wesentliche dieses Satzes wurde zuerst von Schwann [1]) ausgesprochen. Zur Erhärtung desselben diente folgender Apparat. Die Achillessehne des senkrecht gestellten Unterschenkels des Frosches wurde mittelst eines perpendiculären Fadens an das Ende des einen Balkens einer zweiarmigen Wagschale befestigt. Der letztere war durch einen angebundenen Draht, welcher an einer Skale spielte, verlängert, damit eine kleine Zu-

[1]) Joh. Müller Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Coblenz, 1837. 8. S. 59—62.

sammenziehung des Muskels durch einen großen Ausschlag wiedergegeben würde. Die Schaale des anderen Armes wurde dann so weit beschwert, daß sie ein kleines Uebergewicht erhielt. Der verlängerte Wagebalken kam daher schief nach oben zu stehen. Sein Draht konnte an der Skale durch ein Stäbchen so fixirt werden, daß er wohl nach unten, nicht aber nach oben auszuweichen vermochte. Nun wurde der Ischiadicus gereizt. Mit der Contraction des Muskels ging natürlich der Draht an der Skale nach abwärts. Wurde er auf diesen tiefsten Punkt eingestellt, so bewegte sich der Wagebalken gar nicht mehr. Schob man aber das Fixirstäbchen etwas in die Höhe, so ließ sich ein Punkt finden, in welchem der Wagebalken eben bewegt wurde. Schwann schloß hieraus, daß dann die Kraft des Muskels dem aufgelegten Gewichte gleich sei. Das Quantum der Verkürzung betrug im Allgemeinen $1/6$ der Größe, um welche das Stäbchen höher gestellt worden. Wurde nun das Doppelte des Gewichts aufgelegt, so mußte das Stäbchen noch höher fixirt werden, wenn der Muskel den verlängerten Wagearm ziehen sollte u. s. f. Auf diese Weise stand z. B. das Meßinstrument bei 0 Grm. Gewicht auf 13,5°, bei 100 Grm. auf 18,8° und bei 200 Grm. auf 23,4° der Skale.

Dieser Apparat dürfte mehrere nicht unerhebliche Einwendungen gestatten. Abstrahiren wir auch von dem geringen Uebergewichte der nicht belasteten Wagschaale, so war der Zugfaden bei den verschiedenen Experimenten ungleich gespannt und griff seinen Wagebalken nie unter einem rechten, sondern bei jedem Versuche unter einem anderen Winkel an. In ersterer Beziehung war daher eine Garantie mittelst einer eigenen Nebenvorrichtung, in letzterer die Reduction auf die Cosinus der Angriffswinkel nothwendig. Denn ohne sie konnte nicht die Kraft des Muskels mit Sicherheit beurtheilt werden. Allein selbst abgesehen hiervon war der ganze Apparat für die Bestimmung des letzteren nicht vollkommen geeignet. Denn er gab nicht sowohl die Intensität, als die Größe der Verkürzung bei einem schon vorhandenen Grade der Längenverminderung an. Dieses erhellt sowohl aus der speciellen Betrachtung der ganzen Einrichtung, als aus den Größen der gebrauchten Gewichte. Das angegebene Maximum der letzteren glich 200 Grn., d. h., wenn wir diese als preußische annehmen, $\frac{200}{16,4204} = 12,180$ Grm., d. h. eine so kleine Zahl, wie sie sich nur bei sehr hohen Verkürzungsgraden, an der Grenze des Erlöschens der Kraft darbieten.

Um den obigen Satz an dem Myodynamometer experimentell nachzuweisen, suchte ich vorzüglich die Hindernisse und Fehlerquellen, welche aus der ungleichen Spannung des Zugfadens hervorgehen, zu vermeiden. Es wurde daher an die gegen den Frosch gekehrte Fläche des Zugkreuzes das Oehr eines Heftchens befestigt. Das erstere ward so angebracht, daß es jenseits der Leitungsrolle in senkrechter Richtung fixirt war und daher nicht allein den perpendiculären, sondern zugleich den wagerechten Theil des Zugfadens spannte und so den Zeiger des Dynamometers an einem beliebigen Grade fixirt hielt. Dicht an der durchschnittenen Achillessehne war der Haken des Heftchens befestigt und hierauf in das Oehr eingehängt worden. Durch Zurückschieben des Froschgestelles konnte man dann den Gastrocnemius beliebig ausdehnen, ohne daß die geringste Veränderung in der Stellung des Zeigers oder der Spannung des Zugfadens vor sich ging.

Mittelst eines auf diese Weise eingerichteten Apparates kann man sich an jedem Frosche leicht überzeugen, daß die Wadenmuskeln nur dann ihre Maximallast überwinden, wenn das untere am Tarsus abgeschnittene Ende der Achillessehne ein oder mehrere Millimeter weit über das Unterschenkel-Tarsalgelenk hinausgezogen ist. Je mehr dagegen der seines Ansatzes beraubte Gastrocnemius sich selbst überlassen wird, je stärker er sich daher verkürzt, um so geringer ist die Kraftwirkung, welche in Folge eines eingeleiteten galvanischen Stromes zum Vorschein kommt. Eine allzugroße Ausdehnung aber, welche die Muskelfasern dem Zerreißen nahe bringt, lähmt leicht gänzlich, so daß die Zuckungen für einige Zeit oder für immer ausbleiben.

Wie es scheint, steht die Abnahme der Lastwirkungen mit der Größe der Verkürzung nahezu in geradem Verhältnisse. Jedoch ist es sehr schwer, bei so delicaten Versuchen zu einer ganz sicheren Entscheidung zu kommen. Als Beleg jener Vermuthung führe ich ein Beispiel an, welches in hohem Grade für dieselbe sprechen dürfte. Der 0,30 Grm. schwere Gastrocnemius eines kurz vorher enthaupteten Frosches von 24,06 Grm. Körpergewicht lieferte bei 180° bis 195° Galvanometer folgende Werthe:

Nr.	Zeit nach dem Tode in Minuten.	Entfernung eines bestimmten fixen Punktes des Oberschenkels von dem Durchschnittsende der Achillessehne in Millimetern.	Maximum der überwundenen Last in Grm.
1	6	31,50	523
2	8	30,25	280
3	10	29,50	131

Wir haben also, wenn wir Nr. 1 und Nr. 2 mit einander vergleichen, für 1,25 Millimeter Verkürzung 243 Grm. Verlust an Lastwirkung. Bei Zusammenstellung von Nr. 1 und 3 ergaben sich für 2 Millimeter Verkürzung 392 Grm. Es verhält sich aber:

$$1{,}25 : 2 = 243 : 388{,}8.$$

Rechnung und Erfahrung weichen mithin nur um 3,2 Grm. ab, ein Unterschied, der, wie wir sehen werden, schon durch eine fehlerhafte Messung von $\frac{196}{3{,}2} = \frac{1}{61{,}25}$ Millimeter veranlaßt werden kann. Ebenso erhalten wir, wenn wir Nr. 2 und 3 parallelisiren, für 0,75 Millimeter Verkürzung 149 Grm. Wirkungsverlust. Wir haben aber:

$$1{,}25 : 0{,}75 = 243 : 145{,}8 \text{ und}$$
$$2{,}00 : 0{,}75 = 392 : 147.$$

Hier differiren also Theorie und Erfahrung im ersteren Falle um 3,2 und im letzteren um 2 Grm., d. h. wieder um Werthe, die durch bloße Messungsfehler von $^1/_{61}$ bis $^1/_{88}$ Millimeter erzeugt sein können. Denn combiniren wir Nr. 1 und 3, so haben wir für 1 Millimeter Verkürzung 196 Grm. Kraftverlust.

Es versteht sich übrigens von selbst, daß die Größe des Lastwirkungsverlustes, welche 1 Millimeter Verkürzung entspricht, um so kleiner ausfällt, je mehr die Reizbarkeit sinkt oder je schwächer die Muskeln von vorn herein ziehen. So z. B. zeigte derselbe Gastrocnemius des oben erwähnten Frosches bei 190° Galvanometer, sobald die Entfernung von dem fixirten Oberschenkelpunkte bis zur Durchschnittsstelle der Achillessehne 32,25 Millimeter betrug, 193 Grm. Lastwirkung. Bei einer Länge von 30,5 Millim. dagegen ergaben sich 72 Grm. Auf 1 Millimeter kamen daher nur 69,143 Grm. oder 0,35 oder etwas mehr, als $^1/_3$ des kurze Zeit nach der Enthauptung gefundenen Werthes.

Dritter Satz. Sobald alle Reizbarkeit verschwunden ist, durchreißen die Muskelfasern bei einer weit geringern Last, als sie früher durch einen eingeleiteten galvanischen Strom zu ziehen im Stande waren. Dauert aber ihre Irritabilität noch fort, so ertragen sie nicht selten Zuggrößen, welche ihren äußern Kraftwirkungen (abgesehen von ihrem schiefen Ansatze an die Sehnenfasern) nahe stehen oder selbst gleich kommen.

Schon bei den gewöhnlichen Dynamometerversuchen kann man sich von dem letzteren dadurch überzeugen, daß man das Zugkreuz hinwegläßt und den Zugfaden, nachdem er unter der Rolle hindurchgeleitet worden, an die Achillessehne, den Rectus abdominis, den Sartorius u. dgl. befestigt. Durch Zurückrücken des Frosches vermag man dann den Zeiger verhältnißmäßig sehr tief hinabzuführen, ohne daß die Muskelsubstanz zerreißt. Anders verhält sich jedoch die Sache 24 Stunden nach dem Tode, wenn keine deutliche Spur von Reizbarkeit mehr vorhanden ist. Als Belege führe ich z. B. folgende Erfahrungen an:

1) Der linke 0,28 Grm. schwere Gastrocnemius eines Frosches von 29,06 Grm. Körpergewicht zog 47 Minuten nach der Enthauptung bei 195° Galvanometer 357,7 Grm. Nachdem er 24 Stunden in einem mit Wasserdampf gesättigten Apparate gelegen, riß seine frei liegende Muskelsubstanz bei 125 Grm. Last durch, während der untere durch seine häutige Ausbreitung geschütztere Theil in einem zweiten Versuche erst

bei 170 Grm. seine Continuität aufgab. Der erstere Werth beträgt aber 0,3495, der letztere 0,4753 der Last, welche die Wadenmuskeln ¾ Stunden nach dem Tode überwanden.

2) Der Gastrocnemius des bei Gelegenheit des zweiten Satzes erwähnten Frosches, welcher 6 Minuten nach dem Tode 523 Grm. zog, durchriß 24 Stunden später in seiner frei liegenden Muskelmasse bei 243 Grm. und an seinem oberen durch Sehnenpartheien geschützten Theile bei 290 Grm. Jener Werth aber gleicht 0,4141, dieser 0,5545 der ursprünglichen Lastwirkung.

3) Der rechte, 0,27 Grm. schwere Gastrocnemius eines Frosches von 22,50 Grm. Körpergewicht zog ¼—½ Stunde nach der Enthauptung 540 Grm., also 24 Mal so viel, als das Thier im Ganzen wog. Auf 1 Grm. Muskelsubstanz kamen 2000 Grm. Lastwirkung. 24 Stunden später riß die Muskelmasse bei 277 Grm. Last, also bei 0,5129 der früher genannten Kraftwirkung.

Vierter Satz. Durch zu häufige, binnen kurzer Zeit auf einander folgende Reize wird die Irritabilität dergestalt zerstört, daß sie momentan gleich Null wird. Sie sammelt sich später von Neuem, hat aber eine um so geringere Energie, je länger vorher das Thier getödtet und je öfter seine Reizbarkeit erschöpft worden.

Da sich dieser Satz auch ohne weitere delicatere Versuche ergiebt, so beschränke ich mich darauf, eine einzige specielle Beobachtungsreihe als Beleg anzuführen. Der 0,24 Grm. schwere linke Gastrocnemius eines Frosches von 29,65 Grm. Körpergewicht wurde anhaltend hinter einander mittelst eines constanten Stromes der Bunsen'schen Zink-Kohlensäule so lange gereizt, bis keine Kraftwirkungen mehr am Dynamometer erfolgten. Hierbei ergab sich dann:

Reizung.	Zeit derselben.	Zugkraft des Muskels in Grm.	Durchschnittlicher Verlust an Lastwirkung für eine einmalige Reizung in Grm.
14te	3 U. 19 M.	339	—
20ste	3 U. 21 M.	307,5	5,25
26ste	3 U. 22 M.	271,5	6,00
50ste	3 U. 23 M.	231,5	1,66
58ste	3 U. 24½ M.	201	3,81
68ste	3 U. 25½ M.	175	2,60
79ste	3 U. 26½ M.	155	1,82
84ste	3 U. 27 M.	131	4,80
97ste	3 U. 28 M.	116	1,15
111te	3 U. 29 M.	100	1,14
120ste	3 U. 30 M.	81	2,11
125ste	3 U. 30½ M.	71	2,00
129ste	3 U. 31 M.	50	5,25
138ste	3 U. 32 M.	40	1,11
148ste	3 U. 33 M.	31	0,90
154ste	3 U. 33½ M.	23	1,33
186ste	3 U. 35 M.	17	0,19
245ste	3 U. 36½ M.	11	1,02

Ein zweiter Frosch von 21,77 Grm. wurde um 11 Uhr 8 Minuten enthauptet. Nachdem einige Zeit hierauf seine Reizbarkeit erschöpft worden, ließ man ihn fast drei

Stunden ruhig liegen und wiederholte die Beobachtungsreihe von neuem. Es zeigte sich hierbei:

Erste Reihe.

Reizung.	Zeit derselben.	Zugkraft des Muskels in Grm.	Durchschnittlicher Verlust an Lastwirkung für eine einmalige Reizung in Grm.
9te	11 U. 27½ M.	378,8	—
15te	11 U. 28½ M.	328,8	8,33
18te	11 U. 29½ M.	295,5	11,10
27ste	11 U. 30 M.	256,4	4,34
137ste	11 U. 33½ M.	216,5	0,36
144ste	11 U. 34 M.	196,4	2,85
150ste	11 U. 35 M.	169,7	4,45
155ste	11 U. 35¾ M.	147,4	4,46
160ste	11 U. 36½ M.	127,4	4,00
186ste	11 U. 38 M.	110,7	0,64
197ste	11 U. 38¾ M.	90,7	1,82
210te	11 U. 39½ M.	80,7	0,77
214te	11 U. 41 M.	70,7	2,50
226ste	11 U. 42 M.	55,1	1,30
285ste	11 U. 44 M.	45,1	0,17
313te	11 U. 45½ M.	37,7	0,27

Zweite Reihe.

Reizung.	Zeit derselben.	Zugkraft des Muskels in Grm.	Durchschnittlicher Verlust der Lastwirkung für eine einmalige Reizung in Grm.
2te	2 U. 36 M.	44,7	—
5te	2 U. 36¼ M.	29,7	3,00
8te	2 U. 37 M.	22,7	1,16
12te	2 U. 37¾ M.	14,7	2,00

Fünfter Satz. Bleiben die einwirkenden Reize genau dieselben, so scheint im Ganzen die Größe der Lastwirkung, welche durch Irritation von Muskeln enthaupteter Frösche zu erzielen ist, ungefähr in gleichem Verhältnisse der Zeit abzunehmen, so daß, wenn man jene auf Minuten vertheilt, für jede derselben bei den verschiedenen Prüfungen ungefähr derselbe Werth verloren geht.

Unter allen Problemen, welche die Muskelcontraction darbietet, ist keines so schwer löslich, als dasjenige, welches das Verhältniß der Zeit zu dem Schwinden der Reizbarkeit betrifft. Die Aufgabe böte keine Hindernisse dar, wenn man nur eine Methode besäße, um mittelst eines einzigen Reizversuches das Maximum der actuellen Kraft des

Muskels zu finden. Da man aber bei jedem Versuche mindestens einige Male probiren muß, so wird hierdurch die Reizbarkeit, je mehr sie schon abgenommen, um so mehr erschöpft. Aus diesem Grunde erhält man dann selbst im besten Falle nur annähernde Zahlen, welche keine hinreichend sicheren Grundlagen für die Berechnung abgeben.

Engelhardt [1]) hatte sich schon früher mit dem Studium dieser Verhältnisse beschäftigt. Er ließ die eine untere Extremität im Ganzen auf seine oben erwähnte Zeigerwage wirken. Der galvanische Strom ging durch das Hüftgelenk und die Muskeln. Man regte jedes Mal nach einem bestimmten Zeitabschnitte eine Zahl von Contractionen an, um das hier zum Vorschein kommende Maximum der Lastwirkung kennen zu lernen. Allein es zeigte sich bei diesen Beobachtungen kein durchgreifendes Gesetz. Um jedoch einem solchen nachzuspüren, verglich Engelhardt seine hierbei erhaltenen Resultate mit denjenigen Zahlen, welche sich ergeben müßten, wenn die Reizbarkeit in dem Quadrate der Zeit oder in einer arithmetischen oder einer geometrischen Reihe abnähme. Zu Unterstützung der letzteren Annahme schien nur eine Versuchsreihe geeignet. In der zweiten nämlich, die von Engelhardt angestellt worden, ergaben sich nach Reizung des Schenkels von 10 zu 10 Minuten 5½, 1¼, 0 Drachmen Zuggewicht. Diese Zahlen lassen sich mit der geometrischen Reihe 5,5 — 1,25 — 0,2841 vergleichen. Die letztere jedoch selbst ist zu kurz, als daß sich aus ihr irgend ein Schluß entnehmen ließe. Wollte man sich aber auch nur mit annähernden Ergebnissen befriedigen, so hätte bloß die Annahme, daß die Reizbarkeit in dem Quadrate der Zeiten abnähme, einige Chancen für sich, wenigstens könnten dann folgende Beobachtungen von Engelhardt hierher gezogen werden:

Zeitperiode der Reizung in Stunden.	Zugkraft in Drachmen.	
	Gefunden.	Berechnet.
1/6	5,5 — 1,25 — 0. —	5,5 — 1,375,0.
1/2	16,66 — 12 — 6 — 3 — 1 — 0.	16,66—10,66—6—2,66—0,66.
1	16 — 9 — 3,5 — 1 — 0.	16 — 9 — 1 — 1.
1	17,33 — 9 — 2 — 0.	17,33 — 7,70 — 1,923.

Eine einfache arithmetische Reihe paßt auf keinen dieser Versuche.

Schon früher wurde angeführt, daß bei dem von diesem Forscher gebrauchten Apparate weder der Angriffswinkel constant blieb, noch stets die Excursionsgröße, noch selbst das Maximum der Kraft mit Sicherheit gefunden wurde. Abstrahiren wir aber selbst hiervon, so bleibt ein Zweifel, ob der galvanische Strom in Engelhardt's verschiedenen Versuchen immer der gleiche blieb und ob, da die Extremität im Ganzen geprüft wurde, dieselben Muskeln nach einer halben oder einer ganzen Stunde in gleicher Weise wie früher zur Contraction kamen.

Ich habe über diesen Gegenstand bis jetzt 15 Versuchsreihen, von denen fast jede einen halben Tag fortgesetzt wurde, angestellt, ohne zu definitiven Resultaten zu gelangen. Die Schwierigkeit liegt nämlich hierbei in folgenden Punkten. 1) Hängt die Größe der Lastwirkung von der Größe des galvanischen Stromes ab. So wie dieser ungleich wird, fallen auch die am Dynamometer zu gewinnenden Zahlen ungleich aus. Ich versuchte daher zuerst immer dieselben einfacheren oder stärkeren galvanischen Plattencombinationen zu gebrauchen und die Ströme am Galvanometer zu messen. Allein einerseits giebt das letztere bei so intensiven Strömen, wie sie hier zu länger fortgesetzten Versuchsreihen unerläßlich sind, keine ganz sicheren Werthe und anderseits ist es nicht möglich, selbst bei der größten Genauigkeit der Zurüstung dieselben Säulen zu verschiedenen Zeiten zu erhalten. Ich gebrauchte daher später die in der Folge geschilderte constante Zink-Kohlensäule. Allein auch hier fielen die Resultate nicht besser aus. 2) Kann man

[1]) E. Engelhardt De vita musculorum Observationes et Experimenta. Bonnae, 1841. 8. p. 32—36.

nicht auf der Stelle das Maximum der Lastwirkung mit Sicherheit auffinden. Man muß mehrere Male hinter einander galvanische Ströme einleiten. Dadurch kann leicht, indem die Irritabilität abnimmt, ein Fehler der Bestimmung entstehen. 3) Hat man zu einer Zeit eine größere Zahl von Reizversuchen vorgenommen, so spürte man nicht selten die Folgen eine oder mehrere Stunden später, indem die Resultate anders, als man es theoretisch erwarten mußte, ausfielen. Aus diesen Gründen erhielt ich, wie ich glaube, keine einzige Versuchsreihe, bei welcher die Werthe gleichförmig abnahmen, so wie man die Berechnung nach den einzelnen Zwischenperioden anstellt. Dieses Ziel wird aber bei einzelnen derselben erreicht, wenn man den Anfang der Versuchsreihe für jede einzelne Bestimmung als Ausgangspunkt wählt. In anderen Beobachtungen nahm die Irritabilität zuerst auf gleichförmige Weise ab, verharrte aber später mit größerer Zähigkeit, so daß geringere Verlustwerthe auf die Minute kamen. Zur näheren Erläuterung dieser Aussprüche führe ich folgende ausgewählte Einzelbeobachtungen an:

1) Ein Frosch von 20,25 Grm. Körpergewicht, der um 2 Uhr 42 Minuten war enthauptet worden, ergab an seinem linken Gastrocnemius:

Zeit der Reizung		Abweichung der Magnetnadel am Galvanometer in Graden.	Größe der Lastwirkung in Grm.	a. Seit der Bestimmung der letzten Wirkung verflossene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Versuchsreihe verflossene Zeit in Minuten.	Größe des Verlustes an Lastwirkung			
						im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
2	55	200	635	—	—	—	—	—	—
3	25	205	435	30	30	200	200	6,66	6,66
3	46	205	301	21	51	134	334	6,38	6,55
4	0	205	201	14	65	100	434	7,14	6,68
4	14	200	124	14	79	77	511	5,50	6,47
4	58	200	0	44	123	—	—	—	—

Nach den in der letzten Columne angeführten vier Minutenbestimmungen haben wir im Mittel 6,59 Grm. Lastverlust. Da nun aber $\frac{635}{6,59} = 96,358$ ist, so konnten 123 Minuten nach der Enthauptung keine Effecte mehr hervortreten.

Zwischen der Enthauptung und der ersten Bestimmung waren 13 Minuten verflossen. Wir können daher annehmen, daß im Augenblicke der ersteren die Lastwirkung des Gastrocnemius für den angewandten galvanischen Strom $635 + 13 \times 6,59 = 720,67$ Grm. betrug. Der Muskel selbst wog 0,26 Grm. Auf 1 Grm. desselben kamen mithin 2777,8 Grm. Zugeffect.

2) Daß eine zu starke Reizung die Irritabilität bedeutender herabsetzt, daß diese aber dann, wenn solche Bedingungen wegfallen, gleichförmiger sinkt, kann nachfolgende Versuchsreihe belegen. Ein Frosch von 24,06 Grm. war um 10 Uhr 54 Minuten enthauptet worden. Sein Gastrocnemius diente im Anfange zu einer Reihe von Versuchen über den Einfluß der Länge des Muskels auf die Größe der Lastwirkung. Später dagegen blieb er ruhig liegen und wurde nur nach größeren Zwischenräumen in seinen Reizbarkeitsverhältnissen untersucht. Er zeigte:

Zeit der Reizung		Abweichung der Galvanometernadel in Graden.	Größe der Lastwirkung in Grm.	a. Seit der Bestimmung der letzten Wirkung verflossene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Versuchsreihe verflossene Zeit in Minuten.	Größe des Verlustes an Lastwirkung			
						im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
11	0	190	523	—	—	—	—	—	—
12	0	190	193	60	60	330	330	5,50	5,50
2	50	195	97	170	230	96	426	0,56	1,85
3	32	195	25	42	272	72	498	1,71	1,83
3	43	—	0	11	283	—	—	—	—

Nehmen wir als Mittel des Verlustes bei ruhigem Verhalten 1,84 Grm. an, so mußte der Zugeffect nach 11 Minuten 25 — 11 $\times$ 1,84 Grm. = 4,76 Grm. gleichen, d. h. kleiner, als die Reibung der Achse des Wellenrades des Zugfadens ausfallen. Sie konnte daher gar nicht mehr an dem Zeiger des Dynamometers zum Vorschein kommen.

3) Als Beleg, daß bisweilen im Ganzen eine Abnahme des Verlustes der Reizbarkeit Statt finde, daß diese aber im Einzelnen nur ein Mal eintrete, später dagegen aufhöre, möge diese Beobachtungsreihe dienen. Ein Frosch von 28,10 Grm. wurde Morgens um 5 Uhr 58 Minuten enthauptet. Um 10 Uhr 6 Minuten, also 248 Minuten nach dem Tode, zog der isolirte linke Gastrocnemius, der nur 0,27 Grm. wog, mehr als 750 Grm., also mehr als 2777 seines Gewichtes. Späterhin aber ergab er folgende Werthe:

Zeit der Reizung		Abweichung des Galvanometers in Graden.	Größe der Lastwirkung in Grm.	a. Seit der Bestimmung der letzten Wirkung verflossene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Versuchsreihe verflossene Zeit in Minuten.	Größe des Verlustes an Lastwirkung			
						im Ganzen		für eine Minute	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
11	29	210	417	—	—	—	—		
11	59	210	373	30	30	44	44	1,47	1,47
1	24	210	249	85	115	124	168	1,46	1,46
3	55	210	55	151	266	194	362	1,28	1,37
4	13	215	42	18	284	13	375	0,72	1,32
4	26	220	18	13	297	24	399	1,85	1,34
4	32	215	16	6	303	2	401	3,66	1,32

Legen wir den anfänglichen Minutenverlust = 1,47 Grm. zum Grunde, so haben wir für die Kraft des Gastrocnemius im Momente der Enthauptung 417 + 248 $\times$ 1,47 = 881,56 Grm. Er zog mithin $\frac{881,56}{0,27}$ = 3265 Mal so viel, als er selbst wog.

4) Ein Beispiel einer fortwährend abnehmenden Reihe lieferte ein Frosch von 23,80 Grm. Er zeigte, nachdem er um 6 Uhr enthauptet worden:

Zeit der Reizung Uhr.	Zeit der Reizung Minuten.	Abweichung der Magnetnadel am Galvanometer in Graden.	Größe der Lastwirkung in Grm.	a. Seit der Bestimmung der letzten Wirkung verflossene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Versuchsreihe verflossene Zeit in Minuten.	Größe des Verlustes an Lastwirkung im Ganzen bei a	im Ganzen bei b	für eine Minute bei a	für eine Minute bei b
10	15	150	427	—	—	—	—	—	—
10	45	160	343	30	30	84	84	2,80	2,80
11	10	160	305	25	55	38	122	1,52	2,22
12	3	160	219	53	108	86	208	1,62	1,92
12	54	180	171	51	159	48	256	0,94	1,61
2	0	170	111	66	225	60	316	0,91	1,40
3	18	175	88	78	303	23	339	0,30	1,12
3	38	180	80	20	323	8	347	0,40	1,08
3	57	180	65	19	342	15	362	0,79	1,06
4	48	175	11	51	353	54	416	1,06	1,18

Da zwischen der Enthauptung und dem ersten Versuche 4 Stunden 15 Minuten verflossen waren, so haben wir für die Kraft des linken Gastrocnemius im Momente des Todes $427 + 255 \times 2{,}8 = 1141$ Grm. Er wog 0,30 Grm. Seine Zugkraft betrug mithin das 3423fache seines Gewichtes.

Alle bisher erwähnten und noch sechs andere Versuchsreihen, die ähnliche Resultate lieferten, wurden mittelst einer aus sieben Kupfer-Zinkplattenpaaren bestehenden galvanischen Säule, bei welcher als feuchter Leiter ein mit verdünnter Schwefelsäure durchtränkter Pappdeckel diente, angestellt. Mittelst des Bunsen'schen Kohlenapparates machte ich fünf Beobachtungen. Ich bediente mich hierzu eines einfachen Elementes, welches zwar etwas schwächer, als die genannte galvanische Säule arbeitete, aber immer mit hinreichender Stärke und Präcision wirkte.

Fig. 90.

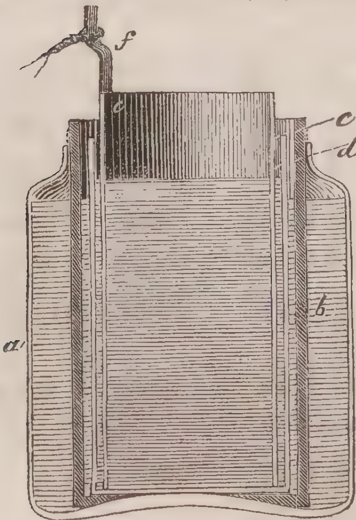
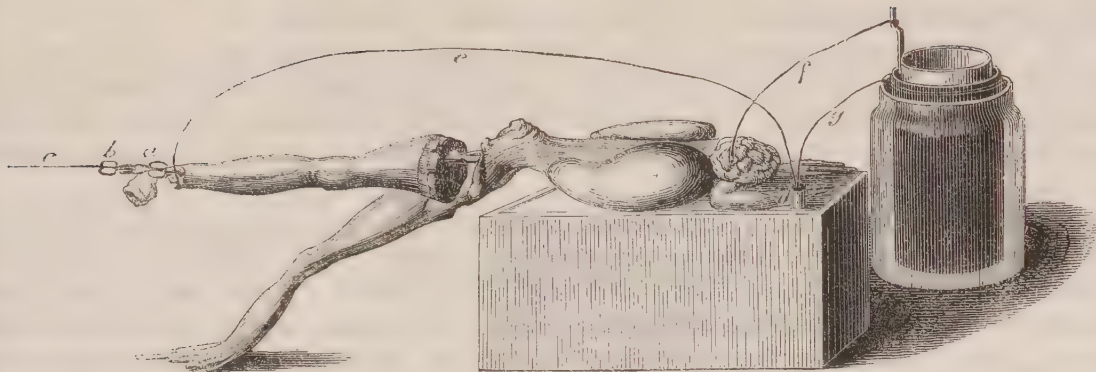


Fig. 90. zeigt uns die Vorrichtung im senkrechten Längendurchschnitte. In einer mit einem verengten Halse versehenen Flasche a befindet sich verdünnte Salpetersäure b. In ihr steht ein gebrannter und mit Löchern versehener Bunsen'scher Kohlencylinder c von 13 Centimeter Höhe, ungefähr ½ Centimeter Dicke und circa 5,4 Centimeter Durchmesser. Innerhalb desselben befindet sich ein Cylinder von Pfeifenthon d von 10,3 Centimeter Höhe, 0,1 Centim. Dicke und 4,8 Centim. Durchmesser. Er ist mit sehr verdünnter Schwefelsäure gefüllt und enthält einen der Länge nach aufgeschlitzten Zinkcylinder e von 9 Centim. Höhe und 0,15 Centim. Dicke und 3,8 Centim. Durchmesser. Der letztere hat einen Handgriff f, an welchen die positive Elektrode angebracht wird. Man läßt ihn vor dem Gebrauche so lange in verdünnter Schwefelsäure stehen, bis eine allgemeinere Wasserstoffgasentbindung zum Vorschein kommt, und amalgamirt ihn alsdann mit Quecksilber.

Den vollständigen Apparat zeigt uns Fig. 90. An dem Oberschenkel des enthaupteten Frosches sind alle Theile bis auf den Schenkelknochen und den Hüftnerven durchschnitten. Die Achillessehne ist an dem Oehr des Heftchens a befestigt, während der Haken b an dem Zugfaden c arbeitet. Der Fuß ist hinweggeschnitten. Auf dem Kästchen, welches den Frosch trägt, befindet sich ein Gläschen mit Quecksilber d. In dasselbe taucht ein Draht e, welcher an der Achillessehne befestigt

Fig. 91.



ist. Von dem Handgriffe des Zinkcylinders des Bunsen'schen Apparates führt eine Elektrode f in das Rückenmark. Um den Kohlencylinder ist ein Draht gewickelt, der als zweite Elektrode g bei dem Schlusse der Kette in das Quecksilbernäpfchen d eingetaucht wird.

5) Ein Frosch von 29,60 Grm. Körpergewicht wurde um 10 Uhr 10 Minuten enthauptet und zeigte:

Zeit der Reizung		Größe der Lastwirkung in Grm.	a. Seit der Bestimmung der letzten Wirkung verfl. Zeit in Grm.	b. Seit dem Anfange der Versuchsreihe verflossene Zeit in Minuten.	Größe des Verlustes an Lastwirkung			
					im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	M.				a	b	a	b
10	33	436	—	—	—			
11	13	230	40	40	206	206	5,15	5,15
12	3	187	50	90	43	249	0,86	2,77
1	36	131	93	183	56	305	0,60	1,66
2	28	101	52	235	30	335	0,58	1,43
4	56	0	148	383	—	—	—	—

Da $\frac{101}{1,43} = 70,6$ ist, so konnte die Reizbarkeit nur bis 3 Uhr 39 Minuten anhalten. Es vermochten daher um 4 Uhr 56 Minuten keine Effecte mehr hervorzutreten.

In vier andern Beobachtungsreihen ergaben sich ähnliche Verhältnisse, so daß ich im Allgemeinen die Frage unentschieden lassen muß, ob die spätere größere Zähigkeit der Zugwirkung nur Schein oder Wahrheit sei. Allein jedenfalls dürfte im Ganzen eine einfache gleichnamige Abnahme der Irritabilität das Meiste für sich haben.

Sechster Satz. Nach Unterbindung der Schenkelarterie oder Schenkelvene oder der Durchschneidung des Hüftnerven erhält sich die größtmögliche Zugwirkung des Gastrocnemius, selbst wenn keine besondere Uebung der kranken Extremität vermittelst eingeleiteter galvanischer Ströme Statt findet, die ersten Tage unverändert.

Als Belege hierfür lassen sich folgende mittelst der Bunsen'schen Säule gemachte Beobachtungen anführen:

1) Einem Frosche von 27,83 Grm. war 91 Stunden vorher der linke Hüftnerve in der Mitte des Oberschenkels durchschnitten worden. Der linke Gastrocnemius zog um 10 Uhr 43 Minuten in dem Maximum seiner natürlichen Verlängerung 478 Grm., der rechte um 10 Uhr 46 Minuten 505 Grm. Dieser Unterschied ist zu unbedeutend, als

daß er eine Schwächung der gelähmten Wadenmuskeln mit Sicherheit nachwiese. Der rechte Gastrocnemius wog hier 0,36 Grm., der linke 0,35 Grm.

2) Einem Frosche waren 9 Tage vorher rechts der Hüftnerve durchschnitten und links die Schenkelarterie und Schenkelvene unterbunden worden. Beide hintere Extremitäten waren stark infiltrirt. Um 11 Uhr 28 Minuten überwand die rechte 250 Grm., während die linke um 11 Uhr 30 Minuten genau dasselbe ergab. Der rechte Gastrocnemius wog 0,28, der linke 0,29 Grm.

3) Einem Frosche von 17,05 Grm. waren 96 Stunden vorher rechts die Arteria cruralis und links die Vena cruralis unterbunden worden. Um 3 Uhr 37 Minuten zog der rechte Wadenmuskel 70,7 Grm., der linke 147,7 Grm. Jener wog 0,180 Grm., dieser 0,175 Grm. Das Thier befand sich, als es enthauptet wurde, im Todeskampfe. Ob aus diesem Grunde auf die erhaltenen Zahlen kein Gewicht zu legen sei, steht dahin. Engelhardt [1]) fand, daß die Unterbindung der Arterie nachtheiliger, als die der Vene wirke.

4) Einem männlichen Frosche von 33,41 Grm. Körpergewicht war die linke Schenkelvene unterbunden worden. Die Extremität zeigte sich 93 Stunden später, wo die Enthauptung Statt fand, stark infiltrirt. Sie bewältigte um 11 Uhr 37 Minuten 545 Grm., während die rechte um 11 Uhr 38 Minuten genau dieselbe Lastwirkung angab. Der rechte Gastrocnemius wog 0,41 Grm., der linke 0,52 Grm.

5) Bei einem Frosche von 28,74 Grm. Körpergewicht, dem 12 Tage vorher die linke Schenkelschagader unterbunden worden war, zog der Gastrocnemius der Extremität dieser Seite 15 Minuten nach der Enthauptung 536 Grm., die andere dagegen 556 Grm. Später zeigte sich sogar, daß die Wadenmuskeln der gesunden Seite 1¼ Stunden nach der Enthauptung nur 186,8 Grm., der der kranken dagegen 280 Grm. überwanden.

Specialbewegungen des Menschen.

Einzelne Theile.

822 **Kopf und Hals.** — Der **Hinterhaupts- und der Stirnmuskel** bilden zusammen zwei Kräfte, welche ungefähr wie die Gewichte einer zweiarmigen Wage entgegengesetzt arbeiten. Der Occipitalis führt die behaarte Kopfhaut nach hinten und zum Theil nach unten, der Frontalis dagegen die Bedeckungen der Stirn nach oben. Von diesem Gesichtspunkte aus können auch beide Muskeln als ein Musculus epicranius angesehen werden (Albin, Meckel, Theile). Bei Menschen, an welchen dieser stark entwickelt oder geübt ist, vermag die Kopfhaut durch abwechselnde Thätigkeit des Occipitalis und Frontalis dergestalt hin und zurück bewegt zu werden, daß die Haare an den entsprechenden Stellen auf sichtliche Weise vor- und zurückweichen.

823 In der Gegend der Augenlider und der Augenbrauen haben wir einen complicirten Muskelapparat, dessen Detailwirkungen zum Theil noch speciellerer Studien bedürfen. Die innere Portion des Orbicularis oculi schließt die Augendeckel, so daß die Ränder der Lider einander berühren. Hierbei ist die Bewegung der untern Palpebra geringer als die der obern, weil die entsprechende Portion der für die letztere bestimmten Muskulatur in dem Levator palpebrae superioris ihren natürlichen Antagonisten hat. Zu gleicher Zeit entsteht hierdurch eine geringe horizontale Verrückung, welche

[1]) a. a. O. p. 39.

durch die relative Lage der Thränenpunkte erkannt zu werden vermag. Jedoch kann die Bewegung an den beiden Augen eines und desselben Menschen ungleich ausfallen und an dem einen stärker in horizontaler, an dem andern mehr in senkrechter Richtung vorschreiten (Theile)[1]. Beide inneren Sphincteren des Auges agiren in der Regel ohne besondere Uebung gleichzeitig, so daß ein Mensch außer Stande ist, das eine Auge völlig zu schließen, während er mit dem andern einen Gegenstand fixirt. Jedoch erlangt man bald durch Gewohnheit, z. B. bei astronomischen oder mikroskopischen Untersuchungen, die Kraft, diese Unvollkommenheit zu überwinden.

Die äußere Portion des Orbicularis palpebrarum hebt die an ihm liegende Haut, vorzüglich an der obern, äußern und untern Peripherie des Auges wallartig hervor, zieht zugleich in Verbindung mit dem Corrugator supercilii die Augenbraue nach unten und trägt auf diese Weise zur Beschattung des Auges bei. Er dient daher z. B., wenn wir plötzlich aus einem dunklen in einen hellen Raum treten, und erlangt bei sehr kurzsichtigen Personen, sobald sie in die Ferne sehen, einen stärkern habituellen Contractionsgrad. Vermöge seiner zum Heber der Oberlippe tretenden Fasern kann er auch auf diese in geringem Maaße wirken.

Man sieht leicht, daß die Natur die Fasern des inneren Theiles des Orbicularis palpebrarum quer legen mußte, weil senkrechte oder schiefe Fasern den Augenlidrand mehr nach außen gerollt, als gehoben haben würden. In Folge einer solchen Anordnung wäre ein habituelles Ectropium entstanden. Auch der Levator palpebrae superioris hätte alsdann das obere Augenlid nicht sowohl in die Höhe gebracht, als umgewendet. Wie aber die Verhältnisse angeordnet sind, bilden der zuletzt genannte Muskel und die obere Portion des inneren Theiles des Orbicularis palpebrarum Antagonisten. Ist jener gelähmt, so kann sich dieser möglicher Weise mit übermäßiger Kraft zusammenziehen und das obere Augenlid habituell zu sehr contrahirt erhalten. Daher man auch die Durchschneidung des inneren Theiles des Orbicularis oculi als Heilmittel der Paralyse des Levator palpebrae superioris empfohlen hat (Dieffenbach). Am einfachsten dürfte er an einem der Augenwinkel anzugreifen sein. Daß auch die Trennung dieses Muskels bei zu starker Zusammenziehung desselben und daher entstehender Schiefstellung der Cilien von Nutzen sei, hat die Erfahrung bestätigt (Robert)[2].

Indirect muß zugleich die innere Parthie des Kreismuskels des Auges, indem sie das Augenlid gegen den Bulbus drückt, den Austritt des Secretes der Meibomischen Drüsen unterstützen. Auf den Thränensack hat sie keine erhebliche Wirkung. Eher kann sie die zwischen den Conjunctivablättern befindlichen Thränen pressen und durch den sogenannten Hornerschen Muskel den Thränensee verengern, um auf diese Weise zur Abführung der Thränen beizutragen.

Von den in der Augenhöhle und dem Gehörorgane liegenden Muskeln wird in der Physiologie der Sinneswerkzeuge gehandelt werden.

Die Gesichtsmuskeln concentriren sich in ihren Wirkungen vor- 824
züglich darauf, die Oeffnungen der Nase und des Mundes zu verändern und die ihnen entsprechenden Hauttheile zu verschieben, zu runzeln oder auf andere Weise aufzuwulsten. Die Nase erhält in dieser Hinsicht die wenigsten und schwächsten eigenthümlichen Apparate. Hierher gehören der Depressor alae nasi, welcher in Verbindung mit dem Compressor narium

[1] S. T. von Soemmerring Lehre von den Muskeln und Gefäßen des menschlichen Körpers. Umgearbeitet von F. W. Theile. Leipzig, 1841. 8. S. 30.
[2] Robert in Walther und Ammon's Journal für Chirurgie und Augenheilkunde. 1843. 8. S. 27.

den Nasenflügel nach außen und nach unten zieht und zugleich seinen äußern und hintern Theil gegen den Oberkieferknochen führt, so daß die benachbarten Stellen der Oberlippe und der Wangen wulstiger hervorzutreten scheinen, und die beiden Erweiterer jedes Nasenflügels, von denen der Dilatator narium anterior den vordern, der posterior den hintern Theil des erstern nach außen bewegt. Die übrigen Nasenmuskeln sind entweder ein bloßes Succursal anderer muskulöser Gebilde oder sie haben zu gleicher Zeit die Nebenbestimmung, auf die Mundhöhle einzuwirken. In ersterer Beziehung stellt der Procerus, welcher die Haut des Nasenrückens in die Höhe hebt, eine Dependenz des Frontalis dar. In die letztere Kategorie dagegen gehört der Levator alae narium labiique superioris, welcher den Nasenflügel nebst der Oberlippe emporführt und die Nasenhaut zum Theil faltet. Beiderlei Momente endlich vereinigt der als Herabzieher der Nase arbeitende Nasalis labii superioris, da er einerseits eine bloße Abtheilung des Orbicularis oris darstellt und anderseits, nur mit einem Theile des letzteren verbunden, zu wirken vermag.

825 Die Thätigkeit fast aller übrigen Gesichtsmuskeln ist für die Orts- und Gestaltsveränderungen der Lippen berechnet. Eine Ausnahme hiervon bilden nur der Levator menti und der Anomalus maxillae inferioris. Im Allgemeinen hat der Orbicularis oris die Bestimmung, den Umfang der Lippen in irgend einer Beziehung zu verkleinern, während die übrigen Gesichtsmuskeln (Buccinator, Levator alae narium labiique superioris, Levator labii superioris proprius, Levator anguli oris, Zygomaticus major et minor und Depressor anguli oris) den entgegengesetzten Effect besitzen und daher dem Kreismuskel des Mundes entgegenarbeiten. Zu gleicher Zeit verhalten sich aber auch die meisten gleichartigen Gesichtsmuskeln als seitliche Antagonisten zu einander. Diese Combination, die bald zu erwähnende Verwebung der Fasern und die Möglichkeit, daß selbst einzelne Bündel der Antlitzmuskeln isolirt wirken können, bedingt die unendliche Mannichfaltigkeit des Mimenspieles, welches so zu dem entsprechenden oder veränderten Abdrucke der geistigen Regungen wird.

826 Der Orbicularis oris bildet keinen wahren Sphincter und keinen vollkommen isolirten Muskel, sondern hängt durch einzelne Fasern vorzüglich mit dem Buccinator, dem Levator und dem Depressor anguli oris, den Zygomaticis und dem Platysmammeoides zusammen. Dadurch, daß er in eine innere oder centrale und eine äußere oder peripherische Schicht zerfällt, findet er an den weichen nachgiebigen Lippen einen weit mannichfaltigern Wirkungskreis als der Orbicularis oculi an den Augenlidern. Arbeitet der Muskel im Ganzen, so wird die Breitenachse der Mundspalte verkleinert, der senkrechte Längendurchmesser dagegen vergrößert. Die Art und Weise, wie sich hierbei die Lippen gestalten, hängt von der Größe der Thätigkeit der einzelnen Faserbündel und der actuellen Ausdehnung der Mundöffnung ab. Diese Nebenmomente bedingen z. B. die Formabweichungen, die wir bei dem Essen, dem Küssen, dem Pfeifen u. dgl. wahrnehmen. Eine starke Zusammenziehung der beiden äußern Theile des Orbicularis oris treibt die Lippen wulstig hervor und zieht die Nase her-

unter und das Kinn hinauf. Umgekehrt werden die Lippenränder durch die Wirkung der innern Schichten nach innen geführt, so daß die rothe Fläche derselben gänzlich oder größtentheils verschwindet. Die gleichzeitige Wirkung nur einer Hälfte des Schließmuskels schiebt den entsprechenden Mundwinkel nach innen. Das Minimum der Breite der Mundspalte verhält sich ungefähr zu dem Maximum derselben, sobald der Orbicularis möglichst erschlafft ist, = 1 : 3 bis 1 : 4.

Denken wir uns die letztere als eine Ellipse mit sehr großer Breite 827 und geringer Länge, so erscheinen die meisten anderen Muskeln wie Radialkräfte, welche die Lippenränder nach ihrer Seite hin führen können. An der Oberlippe ziehen der Levator labii superioris alaeque nasi und der Levator labii superioris proprius vorzugsweise nach oben und nur wenig oder gar nicht nach außen, und die Zygomatici schief nach oben und außen gegen die Wange hin. An der Unterlippe arbeitet der Depressor labii inferioris s. Quadratus menti und zum Theil des Depressor anguli oris in der Richtung nach unten und außen. Die Hebung des Mundwinkels besorgt der Levator anguli oris, während ihn der Buccinator nach außen und gegen die Zähne hin leitet. Als Folgen dieser Thätigkeiten treten dann mehrfache Veränderungen der Wangen auf. So z. B. treibt die Contraction des Zygomaticus major die Backenhaut wulstig hervor, während wahrscheinlich das Wangengrübchen, welches bei vielen Menschen bei dem Lachen zu Stande kommt, durch die Thätigkeit des genannten Muskels in Verbindung mit dem des Risorius Santorini entsteht [1]. Der Buccinator drückt den Backen an die Zähne und kann auf diese Weise bei dem Kauen wirken. Der Levator menti dagegen, welcher in keiner directen Beziehung zur Mundspalte steht, zieht das häutige Kinn in die Höhe und erzeugt die dann zum Vorschein kommenden Erhabenheiten und Vertiefungen desselben.

Der physiognomische Ausdruck, welcher bei vielen Personen, vorzüglich um den Mundwinkel hervortritt, rührt davon her, daß eine oder die andere der genannten Muskelpartheien auf habituelle Weise in stärkerem Grade thätig ist. Wichtiger für den Arzt erscheinen diejenigen Störungen, welche bei Lähmungen oder krampfhaften Contractionen hervortreten. Hierbei kann entweder die seitliche Symmetrie oder das normale antagonistische Verhältniß Einer Seitenhälfte gestört sein. Wenn z. B. ein Mensch an Paralyse des Antlitznerven der rechten Seite leidet, so werden nicht mehr die rechten Gesichtsmuskeln den linken das Gleichgewicht halten. Diese ziehen in stärkerem Maaße. Der Mundwinkel steht daher weiter nach links, oder die linke Hälfte der Mundspalte ist größer als die rechte. Das Individuum kann zwar die erstere, nicht aber die letztere auf ganz vollkommene Weise schließen. Erscheinungen der Art sehen wir z. B. bei solchen, die durch einen apoplektischen Anfall halbseitig gelähmt worden. Je nachdem die Paralyse unvollkommener oder durchgreifender ist, tritt auch die genannte Asymmetrie schon in der Ruhe oder erst bei Bewegungsversuchen hervor. Ist dagegen das antagonistische Gleichgewicht der Muskeln derselben Seitenhälfte aufgehoben, so drückt sich natürlich die Anomalie nur durch Verzerrung des einen Mundwinkels nach oben und außen, oder nach unten und außen aus. Er steht z. B. nach außen und oben, wenn der Zygomaticus major nach unten, und zum Theil nach außen, wenn der Quadratus menti über den Orbicularis oris das Uebergewicht erhält. Eine genaue Berücksichtigung der Muskelwirkungen kann uns dann zu immer weiterer Specialisirung der Diagnose, so wie der etwa

[1]) Theile a. a. O. S. 57.

nöthigen Muskeldurchschneidung [1]), führen. Der Quadratus menti z. B. zieht nicht bloß die Unterlippe nach unten, sondern stülpt auch den entsprechenden Lippenrandtheil um. Diese Wirkung ist etwas nach innen von dem Mundwinkel am stärksten und nimmt nach der Mittellinie hin ab. An der Oberlippe können die Levatores in ähnlicher Weise thätig sein. Dem Zygomaticus major dagegen wird in dieser Hinsicht durch den Buccinator entgegengearbeitet. Ist dieser gelähmt, so wendet sich daher der rothe Theil des Mundwinkels etwas mehr nach außen.

828 In den Kaumuskeln concentrirt die Natur bedeutende Muskelmassen, damit der Zahnbesatz des Unterkiefers mit großer Kraft gegen den des Oberkiefers geführt werden könne. Da aber hierbei das Kiefergelenk nicht selten einen sehr bedeutenden Druck auszuhalten hat, so besitzt es eine eingelagerte Knorpelscheibe, welche diesen mäßigt und es so möglich macht, daß der Gelenkkopf des Unterkieferknochens einen sehr dünnen Knorpelüberzug haben kann. Um jedoch das Dahingleiten zu erleichtern, befindet sich die Zwischenscheibe innerhalb einer entsprechenden Einfaltung der Synovialhaut. Das Gelenk spielt daher nach den früher dargestellten Principien (§. 748. 50) oberhalb und unterhalb derselben mit großer Leichtigkeit und ohne Reibungshindernisse, während die Milderung des Druckes keine Störung erfährt.

829 In dem Kiefergelenke herrscht die Bewegung von oben nach unten vor. Die Verschiebung in horizontaler Richtung, sei es von vorn nach hinten oder von einer Seite nach der andern, braucht nur in beschränktem Maaße realisirt zu sein, weil sie nutzlos wird, sobald die entsprechenden Zahnflächen einander nicht mehr berühren. Aus diesem Grunde haben auch drei der Kaumuskeln, nämlich der Temporalis, Masseter und Pterygoideus internus die vorzugsweise Bestimmung, die Zähne einander zu nähern und gegenseitig anzudrücken, während der Pterygoideus externus die Unterkinnlade nach vorn schiebt. Der Temporalis, welcher seinen Stützpunkt in der Schläfengrube findet, arbeitet an dem Kronenfortsatze, um so mit einem größern Hebel, als er sonst haben könnte, an dem Kiefer zu ziehen und ihn nach oben zu führen. Er ist der vorzüglichste der Kaumuskeln, und daher schmerzt auch die Schläfengegend bei zu starkem oder zu lange anhaltendem Kauen. War die Unterkinnlade auf die bald zu erwähnende Weise nach vorn vorgeschoben, so kann er sie wieder nach hinten zurückführen. Unterstützungsapparate desselben sind der Masseter und der Pterygoideus internus, welche durch ihren Faserverlauf und vorzüglich durch die Länge ihrer mathematischen Hebelarme an Kraftwirkung gewinnen. Jener hat den Stützpunkt seiner Wirkungen an dem Jochbeine, dieser in der Flügelgrube. Um sich den Raumverhältnissen zu accommodiren und eine größere Mannichfaltigkeit der Combinationen möglich zu machen, vertheilt daher die Natur die Heber des Unterkiefers auf drei verschiedene Punkte jeder Seitenhälfte. In den beiden Pterygoideis externis dagegen stellt sie einen eben so einfachen als sinnreichen horizontalen Verschiebungsapparat her. Der rechte führt die Unterkinnlade nach vorn und etwas nach links, der linke eben so

---

[1]) Siehe z. B. J. F. Dieffenbach über die Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Berlin, 1841. 8. S. 314.

nach vorn und rechts. Durch abwechselnde Thätigkeit beider kann sie daher bald nach der einen, bald nach der andern Seite so weit geleitet werden, daß die Innenränder der Oberkieferzähne über die der Unterkieferzähne zu stehen kommen. Wirken dagegen die beiden Pterygoidei externi gemeinschaftlich, so heben sie sich in ihren seitlichen, aber entgegengesetzten Horizontalbewegungen wechselseitig auf und ziehen die Unterkinnlade nach vorn, so daß die Schneidezähne derselben vor denen des Oberkiefers vortreten.

Sind die sämmtlichen Kaumuskeln, z. B. der rechten Seite, gelähmt, so wird der Mensch rechts nicht nur nicht kauen können, sondern die Unterkinnlade muß auch, sobald der linke Pterygoideus das Uebergewicht erhält, also vorzüglich, wenn er in Thätigkeit geräth, schief zu stehen kommen. Sie wird dann etwas vorgeschoben und nach rechts, d. h. nach der paralytischen Seite hin geneigt sein. Beschränkt sich dagegen die Unthätigkeit nur auf den Temporalis, Masseter und Pterygoideus internus der rechten Seite, so wird dieses Symptom fehlen. Der Mensch ist bloß außer Stande, rechts zu kauen, und seine Schläfengrube, so wie die Gegend vor und über dem Unterkieferwinkel schwellen in diesem Momente nicht an. Die letzteren Zeichen können uns belehren, ob der Temporalis oder der Masseter allein ihre willkührliche Contractionsfähigkeit verloren haben.

Inwiefern etwa die vordere Schicht der Masseter und Fasern des Pterygoideus internus zum Vorschieben des Unterkiefers beitragen, bedarf noch genauerer Untersuchungen.

Die starken Kaumuskeln haben nur kleine Antagonisten, weil sich der 830
Schwerpunkt des Unterkiefers bei den meisten natürlichen Stellungen und Lagen des Körpers vor und unter dem Aufhängepunkte desselben befindet und daher die Maxilla inferior in gleichem Maaße herabsinkt, als ihre Heber erschlaffen. (Vgl. §. 38.) Einer der vorzüglichsten Muskeln, welche die Unterkinnlade nach abwärts führen, ist der Digastricus maxillae inferioris. In ihm stellt die Natur einen fixen Herabzieher des Unterkiefers her. Er geht deshalb von der Incisura mastoidea, also von einem relativ festen Stützpunkte am Kopfe aus, wird hierauf sehnig, verbindet sich mit dem großen Zungenbeinhorne, verwandelt sich von Neuem in einen Muskel, seinen sogenannten zweiten Bauch, dessen Fasern von der Sehne und theilweise von der Basis des Zungenbeines entspringen, und heftet sich an der Basis des Unterkiefers unter der Spina mentalis interna an. Hierdurch kann er nicht nur zugleich auf das Zungenbein wirken, sondern erlangt auch für seine sämmtlichen Effecte mehrere Vortheile. 1) Indem er zuerst nach unten, dann wieder in die Höhe geleitet wird, vermag seine ganze Muskelsubstanz, sobald nur das Zungenbein fixirt ist, die Maxilla inferior zu bewegen. Wir haben hier gewissermaßen eine Rolleneinrichtung. Daher auch an der Sehne ein Schleimbeutel zur Verhütung der Reibung vorhanden ist. 2) Ist der Muskel im Stande, wenn sein vorderer Bauch thätig wird, das Zungenbein in seiner Richtung emporzuziehen. Wirken dagegen beide Bäuche, so muß ein Zug nach der Diagonale des Parallelogrammes der Kräfte erfolgen. Endlich 3) erhält der Digastricus, indem er sich an das Ende des horizontalen Unterkieferastes anfügt, einen möglichst langen Hebelarm und compensirt hierdurch zum Theil in Verhältniß zu den Kaumuskeln, was ihm an Zahl der Muskelfasern abgeht. Bei completer Feststellung des Zungenbeines kann seine Thätigkeit durch die des Mylohyoideus und des Geniohyoideus unterstützt werden.

Indem der Unterkiefer herabsinkt, geht der senkrechte Theil nach hin- 831

ten und oben, und daher der horizontale nach hinten und unten. Die Mundspalte wird auf diese Weise geöffnet. Hierbei beträgt das Maximum der Entfernung der innern Schneidezähne des Ober- und Unterkiefers bei den meisten erwachsenen Menschen 4 — $5\frac{1}{2}$ Centimeter. Bei einzelnen aber gleicht es auch nur 3,6 C., bei andern beinahe 6 C. und mehr. Der größte Ablenkungswinkel des Unterkiefers kann zu 20^0 — 30^0 oder $\frac{1}{18}$ bis $\frac{1}{12}$ von vier Rechten angeschlagen werden.

Um diesen letzteren Winkel approximativ zu bestimmen, dient folgende Methode. Man läßt einen Menschen Kaubewegungen machen, bezeichnet sich hierbei an der Haut vor dem Ohre die Stelle, wo ungefähr der Drehpunkt des Gelenkfortsatzes des Unterkiefers liegt und mißt dann mit dem Zirkel die geradlinigte Distanz a von dieser Stelle bis zu dem oberen und inneren Rande des mittleren Schneidezahnes derselben Seite der Unterkinnlade. Oeffnet nun das Individuum den Mund so weit als möglich, so mißt man die Entfernung b der oberen und inneren Ränder der entsprechenden inneren Schneidezähne von Ober- und Unterkiefer. Da nun a sich gleich bleibt, so haben wir ein gleichschenkliges Dreieck mit den beiden gleichen Seiten a und der ungleichen Seite b, welcher letzteren der Ablenkungswinkel φ des Unterkiefers gegenüberliegt. Da nun unter diesen Verhältnissen die halbe Summe der drei Seiten $= a + \frac{b}{2}$ ist, so haben wir $\sin. \frac{1}{2} \varphi = \frac{b \sin. tot.}{2a}$. Diese Methode setzt natürlich voraus, daß der Drehpunkt der Unterkinnlade nicht verrückt wird. Allein bei starken Anstrengungen bei dem Oeffnen des Mundes bleibt diese Annahme nicht ganz streng richtig, so daß die Berechnung nur approximativ ist.

Eine Reihe von Bestimmungen, welche in dieser Beziehung gemacht worden, führten zu folgenden Resultaten: 1) Ich, 33 Jahr alt, a = 110 Millimeter. b = 36 Millim. Mithin $\sin. \frac{1}{2} \varphi = \frac{36 \sin \ tot.}{220} = 9^0\ 25'\ 5''$. Daher $\varphi = 18^0\ 50'\ 10''$. 2) J., 24 Jahr alt. a = 111 Millim., b = 43 Millim. Also $\varphi = 22^0\ 20'\ 12''$. 3) St., 22 Jahr alt. a = 100,5 Millim., b = 47 Millim. Daher $\varphi = 27^0\ 2'\ 40''$. 4) B., 43 Jahr alt. a = 107 Millim., b = 53 Millim. Also $\varphi = 28^0\ 40'\ 43''$. 5) S., 21 Jahr alt. a = 111 Millim., b = 59,5 Millim. Daher $\varphi = 31^0\ 5'\ 34''$. Leichen sind zu solchen Versuchen nicht geeignet, weil sich nicht die Mundspalte ohne Gewalt hinreichend weit öffnen läßt, sobald nur noch eine Spur von Todtenstarre existirt. Bei älteren Cadavern ist aber alles so sehr erschlafft, daß man die natürliche Distanz kaum mit Bestimmtheit auffinden kann.

832 Das Zungenbein wird bei relativer Fixation des Unterkiefers durch den vordern Bauch des Digastricus, den Geniohyoideus und bei erhobenem Kopfe durch den Mylohyoideus nach vorn und oben gegen das Kinn, durch den hintern Bauch des Digastricus und den Stylohyoideus nach hinten und oben, durch den Sternohyoideus, den Hyothyreoideus und mittelbar den Sternothyreoideus nach unten geführt. Inwiefern und ob es der Omohyoideus nach unten und hinten ziehe, bedarf noch genauerer Untersuchungen. Die Zunge selbst wird durch die künstlich unterschiedenen drei Portionen des Lingualis in den mannichfachsten Richtungen bewegt. Vorzugsweise kann sich der Lingualis longitudinalis superior verkürzen, ihre Spitze emporheben und nach oben und hinten umbiegen. Der Lingualis longitudinalis inferior verringert ebenfalls ihren Längendurchmesser, leitet aber ihre Spitze nach hinten und unten. Der Lingualis transversus endlich verkleinert ihren Breitendurchmesser zu Gunsten ihres Höhendiameters. Sie wird hierdurch rundlich, länger und besonders vorn spitzer.

Beide Styloglossi sind im Stande, die Zungenbasis zu verbreitern. Einer derselben dagegen vermag sie an der entsprechenden Seite emporzuheben und ihren Rand nach oben zu stellen. Ihre Annäherung an den weichen Gaumen bewerkstelligen außer den Styloglossis die das Zungenbein unmittelbar angreifenden Mylohyoidei, Geniohyoidei, Stylohyoidei und die vordern Bäuche der Digastrici; ihre Entfernung von demselben die Hyoglossi und zum Theil die Genioglossi, sowie mittelbar die Sternohyoidei, Sternothyreoidei und Hyothyreoidei. Der Genioglossus bringt die Zunge zwischen beide Zahnreihen, schiebt sie aber keineswegs vollständig vor, sondern kann eher noch ihren Rücktritt in die Mundhöhle unterstützen [1].

Der letztere Muskel verdient daher nicht den ihm gegebenen Namen des Expulsor linguae. Aus diesem Grunde ist es auch physiologisch nicht begründet, wenn man ihn als die wesentliche Ursache des Stotterns angesehen und seine Durchschneidung als vorzugsweises Heilmittel dieses Uebels empfohlen hat.

Die beiden Glossopalatini haben je nach der Beschaffenheit der Neben- 833
momente sehr verschiedenartige Wirkungen. Geben ihre beiderseitigen Anheftungspunkte in entsprechendem Maaße nach, so verengern sie den Isthmus faucium und wirken daher als wahre Constrictoren desselben. Ist dagegen die Zungenwurzel befestigt, so können sie den weichen Gaumen etwas herabziehen. Umgekehrt werden sie bei Fixation des letztern die Zungenwurzel an ihren seitlichen Theilen in geringem Grade in die Höhe führen. Die Thätigkeit der Pharyngopalatini richtet sich nach der Stellung des Schildknorpels, von dessen hinterm Rande ihre Muskelfasern ausgehen. Ohne besondere Nebenmomente nähern sie die beiden hintern Gaumenbogen einander und suchen zugleich den weichen Gaumen nach hinten und unten zu ziehen. Ist dagegen der Schildknorpel gehoben, so können sie zugleich den Unterrand des Velum palati gegen die hintere Wandung des Pharynx hinüberführen. Treten die Innenränder der vordern Gaumenbogen etwas nach außen, die der hintern dagegen nach innen, so werden hierbei die Mandeln entblößt und erhalten zugleich an den letztern einen festern Stützpunkt, sobald z. B. ein Bissen ihren Schleim abstreift. Der Azygos uvulae verkürzt die Längenausdehnung des weichen Gaumens, hebt das Zäpfchen und vermag dasselbe etwas nach hinten umzubiegen. Der Levator palati mollis führt das Gaumensegel in die Höhe, stellt dabei seinen freien Rand mehr nach hinten gegen die Hinterwand des Schlundkopfes, trägt auf diese Weise zu dem Abschlusse der Nasen- und Rachenhöhle bei, erweitert zugleich den Isthmus faucium und kann noch das Gaumensegel in schwachem Maaße quer anspannen. Die letztere Wirkung soll auch der Circumflexus s. Tensor palati besitzen. Jedoch läßt diese Annahme noch vielfache Zweifel übrig [2].

Der Schlundkopf besitzt jederseits zwei einander ergänzende Heber, 834
nämlich den Salpingopharyngeus und den Stylopharyngeus, welche zugleich indirect die Erweiterung desselben in querer Richtung bewirken. Zu gleicher Zeit kann der Griffel-Schlundkopfmuskel den Larynx nach oben

[1]) Theile a. a. O. S. 86. 87. [2]) Theile a. a. O. S. 72.

und hinten ziehen und den Kehldeckel zum Theil umlegen. Die drei Constrictores pharyngis verengern zunächst ihre entsprechenden Theile des Schlundkopfes. Der obere kann überdies durch den sogenannten Mylopharyngeus auf die Mandeln wirken und durch den Pterygopharyngeus die Hebung des Pharynx unterstützen. Der untere ist auch im Stande, den Kehlkopf nach oben zu verrücken. Der Kehldeckel wird durch den Reflector epiglottidis, wenn er vorhanden ist, umgeklappt. Seine Thätigkeit erscheint besonders dann nothwendig, wenn jener durch die Stellungsveränderungen der benachbarten Theile emporgerichtet würde, während die Stimmritze geschützt bleiben soll.

Die Functionen der Kehlkopfmuskeln werden in der Lehre von der Stimme ihre Erläuterung finden.

835 Der Platysmammyoides bildet den einzigen Hautmuskel, welcher bei dem Menschen vorkommt Er verkürzt zunächst die Haut des Halses, kann aber auch das Hinabgehen des Unterkiefers unterstützen und den entsprechenden Mundwinkel nach unten und außen ziehen. Die beiden Muskeln, welche man mit dem gemeinschaftlichen Namen des Sternocleidomastoideus umfaßt, heben die Brust, sobald der Kopf den fixen Punkt abgiebt. Ist der Ausgangspunkt am Brust- und Schlüsselbeine gelegen, so führt jeder Sternocleimastoideus den Kopf nach der entgegengesetzten Seite und neigt ihn etwas. Wirken die Muskelparthien beider Seitenhälften gleichzeitig, so neigen sie den Kopf nach vorn und bedingen auf diese Weise das Nicken desselben.

Durch habituelle ungleichförmige Zusammenziehung der beiderseitigen Kopfnicker entsteht der schiefe Hals (Caput obstipum). Hierbei ist meistentheils vorzugsweise die innere Parthie oder die Portio sternalis s. Nutator capitis internus afficirt (J. Guérin).

Die übrigen Musleln, welche den Kopf bewegen, werden bei Gelegenheit der Wirbelsäule betrachtet werden.

836 Wirbelsäule. Sie bildet einen von unten nach oben ungleich abnehmenden, aus einzelnen Gliederstücken zusammengesetzten biegsamen Stab, auf dessen oberem Ende der Kopf balancirt, während vorn ein Theil der Weichgebilde des Halses, die Brust und der Bauch, vorn seitlich und hinten aber die Schlüsselbeine, die obern Extremitäten und die Schulterblätter mit ihren Weichtheilen aufgehängt sind. In aufrechter Stellung besitzt sie drei auf einander folgende entgegengesetzt gerichtete Krümmungen. Die eine von diesen, welche mit ihrer Concavität nach hinten sieht, wird durch die Wirbel des Halses, die zweite, die mit ihrer Aushöhlung nach vorn gerichtet ist, durch die des Rückens, und die obersten der Lenden, die dritte endlich, welche sich wiederum nach hinten ausbuchtet, durch die untersten des Rückens und die der Lenden erzeugt. Vermöge dieser Einrichtung kann sie angeblich als fordernde Stütze im Maximum $(3 + 1)^2$ oder 16 Mal so viel tragen, als wenn sie nur in einer Richtung gebogen wäre (Roulin).

837 Da sie einerseits als festes Hypomochlion dienen, anderseits dagegen eine beschränkte Beweglichkeit haben soll, so besteht ihre Hauptmasse aus einzelnen Knochenstücken, welche ihre gegenseitige Lage zum Theil zu verändern

im Stande sind. Diese Mobilität konnte aber nicht durch Gelenke, welche ausgedehnter Drehungen fähig waren, hergestellt werden, weil sonst das in dem Wirbelcanale enthaltene Rückenmark der Gefahr ausgesetzt worden wäre, durch zu starke Dehnung zu zerreißen, oder wenigstens bedeutenden Graden von Druck oder Quetschung preisgegeben ward. Aus diesem Grunde wurden die elastischen Zwischenwirbelknorpel, deren Wirkung schon §. 753 dargestellt worden, zwischen den Wirbelkörpern angebracht. Sie werden durch die zwischen den Wirbelbogen und den Wirbelfortsätzen befindlichen häutigen und bandartigen Massen, sowie durch die an den Processus obliqui vorhandenen Gelenke auf zweckmäßige Weise in ihrer Thätigkeit zum Theil beschränkt.

Als Piedestal nimmt die Wirbelsäule, wie der Augenschein lehrt, von unten nach oben ab. Zu gleicher Zeit werden die Höhen der einzelnen Stücke in dieser Richtung immer niedriger. Ihre Durchschnittsgröße, wie sie an den Lendenwirbeln auftritt, verhält sich zu der der Rücken- und der Halswirbel $= \frac{135,95}{5} : \frac{242,95}{12} : \frac{95,85}{7} = 1,985 : 1,472 : 1$. Die Zwischenwirbelknorpel entsprechen im Allgemeinen dem Quantum von Beweglichkeit der einzelnen Theile der Wirbelsäule, welche am Rücken den geringsten, an den Lenden und am Halse einen größern Werth hat. Es verhält sich daher auch die mittlere Höhe der Wirbelkörper zu der der Cartilagines intervertebrales am Rücken $= 242,95 : 34,90 = 1 : 0,0144$; am Halse $= 95,85 : 20,70 = 1 : 0,216$ und an den Lenden $= 135,95 : 42,85 = 1 : 0,315$ (W. u. Ed. Weber) [1]. 838

Um einen ungefähren Begriff über die Biegungsverhältnisse der einzelnen Theile der Wirbelsäule bei aufrechter Stellung zu erhalten, bediente ich mich des von W. und Ed. Weber gegebenen natürlichen Abdruckes [2]) der in Gips eingegossenen Wirbel. Ich zeichnete mir die Begrenzungslinien des ersten bis siebenten Halswirbels nebst den des darunter liegenden Zwischenknorpels, der 12 Rückenwirbel mit den dazwischen befindlichen Cartilagines interverbrales, der 5 Lendenwirbel bis zu dem oberen Rande des Kreuzbeines und des letzteren einzelnen durch, halbirte alsdann die obere und untere Randlinie jeder Figur und maß die Distanz beider Punkte, welche als die Sehne des ganzen Krümmungsbogens betrachtet wurde. In der Mitte dieser Sehne errichtete ich dann einen Perpendikel und verlängerte ihn nach beiden Seiten, so daß ein Theil desselben durch eine Stelle der Zeichnung hindurchging. Die Mitte dieser Linie, welche z. B. durch den vierten Hals-, den siebenten Rücken-, den dritten Lenden- und den dritten Schwanzbeinwirbel trat, wurde als der Endpunkt des halben Krümmungsbogens angenommen, dessen Sehne gezogen und in der Mitte der letzteren wiederum eine senkrechte errichtet. Der Punkt, in welchem sich dann beide Perpendikel durchschnitten, bildete den Mittelpunkt des Kreises des Krümmungsbogens. Allerdings stellt die Wirbelsäule in diesen ihren Krümmungen keine reinen Kreisabschnitte dar. Allein man kann sich überzeugen, daß die auf diese Weise gezogenen Kreislinien wenigstens annähernd richtig sind und immer innerhalb der inneren Theile der Wirbelkörper bleiben. Nach dieser Methode konnten zwar der Radius des Kreises und der Winkel des Bogenabschnittes unmittelbar gemessen werden. Ich zog es aber vor, beide Werthe durch Rechnung zu finden. Setzen wir nämlich die halbe Sehne des ganzen Bogens = m und die ganze Sehne des halben Bogens = n, so ergiebt sich nach einer leicht zu entwickelnden Formel für den Radius = r =

---

[1]) W. u. Ed. Weber Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. S. 92.
[2]) a. a. O. Tab. VIII.

$\frac{n^2}{2\sqrt{(n+m)(n-m)}}$ und für den Winkel φ der Werth $\sin. \tfrac{1}{2}\varphi = \frac{m}{r}$ sin. tot.
Durch diese Bestimmungen erhielt ich folgende Resultate:

Krümmungsbogen des	Richtung der Concavität der Krümmung nach	In Millimetern ausgedrückte Größe von		Gefundene Größe	
		m	n	des Radius in Millim.	des Winkels.
ersten bis siebenten Halswirbels	hinten	56,25	57,5	138,6	47° 52′ 30″
ersten bis zwölften Brustwirbels	vorn	134	140	241,7	67° 20′ 24″
ersten bis fünften Lendenwirbels	hinten	86,5	87,25	333,4	30° 4′ 18″
Heilig- und Schwanzbeines.	vorn	65	77	71,8	129° 40′ 25″

Wir können daher im Allgemeinen annehmen, daß (abgesehen von der verschiedenen Größe der Radien) die Concavität der Halswirbel bei aufrechter Stellung ungefähr 50°, die der Rückenwirbel 60°, die der Lendenwirbel 30° und die des Heiligbeines und Steißbeines 130° beträgt. Alle Krümmungen der Wirbelsäule würden hiernach 270° oder drei Rechten gleichen; die des Halses und des Kreuzbeines 180° und die des Rückens und der Lenden 90° ausmachen.

Den relativen Grad der Biegsamkeit der einzelnen Theile der Wirbelsäule suchten schon W. und Ed. Weber[1]) aus den Verhältnissen der Zwischenwirbelknorpel folgendermaßen zu bestimmen. Nimmt man an, daß ihre Breite ihrer Dicke annähernd proportional ist, so kann man als Grundzahlen der Berechnung ihre Länge und ihre mittleren Durchmesser statuiren. In dieser Hinsicht ergaben sich aber folgende Werthe:

Sämmtliche Zwischenwirbelknorpel des	Maaß in Millimetern.	
	Länge.	Durchmesser.
Halses	20,7	15,0
Rückens	34,9	25,3
der Lenden.	42,85	28,0

Ihre Querschnitte verhalten sich daher annähernd = 225 : 640,09 : 784. Die Proportion ihrer Beugungswinkel muß deshalb $= \left(\frac{20,7}{225}\right)^2 : \left(\frac{34,9}{640,09}\right)^2 = \left(\frac{42,85}{784}\right)^2 = 1 : 0,3512 : 0,3529$ sein, d. h. bei gleichem Drucke werden sich die Lendenwirbel trotz ihrer geringeren Totallänge ungefähr eben so viel, als die Rückenwirbel, dagegen nur ⅓ des Werthes der Halswirbel einbiegen.

839 Daß die Wirbelbogen mit ihren Fortsätzen und den an den Processus obliqui angebrachten Gelenken die durch die Zwischenwirbelknorpel möglichen Krümmungen beschränken, sieht man daraus, daß die Wirbelsäule biegsamer wird, sobald man die Bogen derselben an ihren Ursprüngen hinweggenommen hat. Im Normalzustande gestalten sich die beiderseitigen Verhältnisse in der Art, daß die Rückenwirbel nur sehr wenig von vorn

[1]) a. a. O. S. 95.

nach hinten beweglich sind, sich dagegen in bedeutenderem Maaße um ihre senkrechte Achse drehen können. Bei den letzteren fehlt eine solche Thätigkeit fast gänzlich. Dagegen ist die Krümmung nach vorn und hinten in ausgedehnter Weise zugelassen. Die Halswirbel endlich sind zu beiderlei Bewegungsarten in hohem Grade geeignet. Diesem entsprechend verlaufen die Gelenkflächen der schiefen Fortsätze am Rücken mehr von außen nach innen, an den Lenden von hinten nach vorn und am Halse in einer Diagonalrichtung zwischen beiden Directionen. Aus demselben Grunde liegen die Dornfortsätze der Rückenwirbel mit ihren verlängerten Flächen dachziegelartig über einander, während die stärkern Processus spinosi der Lendenwirbel gerade nach hinten stehen und die des Halses wieder mehr einen Mittelweg zwischen beiden befolgen. Alle Fortsätze der Wirbel aber dienen als Handhaben, welche den mathematischen Hebelarm der Muskelkräfte verlängern und zu gleicher Zeit einer größern Anzahl von Muskelfasern den nöthigen Raum zur Anfügung verschaffen.

Die Verkrümmungen der Wirbelsäule bilden in der Regel, sofern sie sich nur auf die Richtungen von vorn nach hinten erstrecken, Fortsetzungen der normalen Biegungen. Wir haben daher meistentheils am Rücken Krümmungen nach hinten, Kyphosen, am Halse und den Lenden dagegen Einbiegungen nach vorn, Lordosen. Die seitlichen Verkrümmungen dagegen, die sogenannten Skoliosen finden sich als Ausdrücke der Störung des seitlichen Gleichgewichtes an jeder Stelle der Wirbelsäule, am öftersten aber an dem Rücken und den Lenden. Diese letztere Form ist auch die häufigste und in vielen Beziehungen die lehrreichste.

Die angeborenen Verbiegungen der Wirbelsäule können dadurch entstehen, daß die Wirbel ungleich ausgebildet sind, oder daß sich sogar abnorme accessorische halbe Wirbel einschieben (Rokitansky)[1]. Bei den erworbenen zeigen sich in der Regel die einzelnen Wirbelhälften ungleich. Bei den Skoliosen des Rückens z. B. ist diejenige Seite, welche nach der Concavität der Krümmung hinsieht, bedeutend niedriger, als diejenige, welche nach der Convexität gerichtet ist. Wo die Verbiegung ihren Culminationspunkt erreicht, hat der Wirbelkörper in der Mitte eine Einsenkung oder Furche, während sich der obere und untere Rand desselben erhebt oder sogar leistenartig vorsteht. An der entgegengesetzten Seite hingegen findet dieses nicht Statt. Im Gegentheil nähern sich hier mehr das Mittelstück und die beiderseitigen Ränder einer fortlaufenden gebogenen Ebene. Diesem entsprechend sind auch die Zwischenwirbelknorpel an der Convexität der Krümmung höher, an der Concavität dagegen schmäler. An der letzteren können sie selbst gänzlich schwinden, so daß die Knochen mit einander verwachsen. Die Wirbelbogen zeigen sich diesen Verhältnissen entsprechend asymmetrisch und verschoben. Dasselbe gilt von den einzelnen Fortsätzen. Ist die Krümmung sehr stark, so werden die Processus transversi an der concaven Seite in hohem Grade beengt. Sie sind daher kleiner, kürzer und gekrümmter, als die der entgegengesetzten Seite, erscheinen nicht selten verbogen, zackig und rauh, verbinden sich durch einzelne Knochenbrücken oder ausgedehntere Anchylosen mit einander. Die Gelenke der schiefen Fortsätze verschieben sich oder nähern sich mehr der horizontalen Stellung oder verwachsen gänzlich mit einander. An der convexen Seite der Krümmung haben wir gerade die entgegengesetzten Verhältnisse. Die Bogenhälften nebst den Processibus transversis treten weiter auseinander. Jene, wie diese können zum Theil breiter werden. Die Querfortsätze erhalten einzelne Unebenheiten oder Zacken. Die Dornfortsätze verschieben sich dergestalt, daß ihre Spitzen nach der convexen Seite hin gerichtet sind. Bisweilen wird auch das untere und hintere Ende eines Processus spinosus sehr spitz, oder läuft in einen gegen den Wirbelbogen gerichteten Haken aus u. dgl. mehr. Der Druck und die Unbeweglichkeit, welche mit bedeutenden Skoliosen

---

[1]) C. Rokitansky Handbuch der pathologischen Anatomie Bd. II. 1842. 8. S. 262—68.

verbunden sind, rufen nicht selten Ablagerungen von Knochenmasse hervor. Es ossificiren daher Stücke der Zwischenwirbelknorpel, welche bisweilen zwischen den Wirbelknochen leistenartig hervorstehen, oder ganze Strecken sind von Knochenmasse, die sich nicht selten auch auf die Rippen ausdehnt, umflossen u. dgl. mehr. Bei den Kyphosen erscheinen die vorderen, bei den Lordosen die hinteren Wirbelabschnitte in ähnlicher Weise verkümmert. Es versteht sich übrigens von selbst, daß sich seitliche und vordere oder hintere Krümmungen je nach Verschiedenheit der Verhältnisse combiniren können.

Erreicht die Verbiegung der Wirbelsäule höhere Grade, so neigen sich die Wirbel nicht bloß nach vorn, hinten oder einer Seite, sondern drehen sich auch um ihre Achse. Zu gleicher Zeit bilden sich dann meistentheils compensirende Gegenkrümmungen, so daß wenn z. B. eine solche der Rückenwirbel mit ihrer Concavität nach rechts sieht, eine neben ihr vorhandene der Lendenwirbel nach links gerichtet ist. Bei sehr verkrüppelten Skeletten kann auf diese Art die ganze Wirbelsäule die Form einer Schlangenlinie annehmen, indem z. B. die Halswirbel nach rechts, die vier ersten Rückenwirbel nach links, die folgenden vier nach rechts, die letzten vier Rücken- mit dem ersten Lendenwirbel nach links und die übrigen vier Lendenwirbel wiederum nach rechts gebogen sind. Diese abwechselnd entgegengesetzten Krümmungen gehen offenbar aus dem Bestreben hervor, die Endpunkte der Biegungen in der Längenachse des Körpers senkrecht über einander zu erhalten und so den Kopf, wenn auch auf Kosten der Länge des Rumpfes, vertical über dem Becken zu erhalten. Hierbei zeigt sich z. B. die Eigenthümlichkeit, daß die primären Rückenkrümmungen meistentheils stärker, als die secundären Verbiegungen der Lenden und zum Theil des Halses in die Augen fallen.

Offenbar müssen diese secundären Compensationskrümmungen zu den primären in einem bestimmten Verhältnisse stehen und sich, wenn die Abweichung der Endpunkte von der senkrechten Längenachse fast Null werden soll, wechselseitig ausgleichen. Die mathematischen Normen aber, nach welchen diese in der Wirklichkeit erfolgen, sind bis jetzt erfahrungsgemäß noch nicht ermittelt. Bei zwei verschiedenartig verkrümmten trockenen Wirbelsäulen, welche ich genauer ausmaß, ergaben sich Andeutungen bestimmter Proportionen der Winkel zu den mittleren Höhen der verkrümmten Wirbel. Allein die Resultate beider Untersuchungen stimmen nicht mit einander, so daß ich die Thatsachen einfach, wie ich sie gefunden, anführe, ohne irgendwie eine Schlußfolgerung aus ihnen herzuleiten. Betrachten wir nämlich die Krümmungsbogen approximativ als Kreisabschnitte, so können wir wieder, wie dieses schon §. 835 dargestellt worden, den Halbmesser und die dann dem Bogen entsprechenden Grade durch Rechnung finden, wenn uns die halbe Sehne des ganzen Bogens = m und die ganze Sehne des halben Bogens = n durch Messung bekannt ist.

1) An der trockenen Wirbelsäule eines Erwachsenen, welche eine reine Skoliose ohne Achsenverdrehung der Wirbel darbot, betraf die mit ihrer Concavität nach links gerichtete primäre Verkrümmung den ersten bis zehnten Rückenwirbel. Die entgegengesetzt gewandte Compensationsbiegung umfaßte die beiden letzten Rücken- und die vier ersten Lendenwirbel. Für den Krümmungsbogen der primären Einknickung ergab sich $m = 88$ Millim. und $n = 96{,}5$ Millim. Mithin $r = 117{,}57$ Millim. und der Winkel $\varphi = 96^\circ\ 54'\ 48''$. An der compensirenden Lendenkrümmung zeigte sich $m = 92$ Millim. und $n = 95$ Millim. Daher $r = 190{,}52$ Millim. und $\varphi = 57^\circ\ 44'\ 57''$. Die Summe der Höhen der Mitte des ersten bis zehnten Rückenwirbels war 198,5 Millim. Folglich die durchschnittliche Höhe eines solchen Wirbels 19,85 Millim. Die Gesammthöhe der secundär verkrümmten beiden letzten Rücken- und vier ersten Lendenwirbel glich 199 Millim. Mithin die Durchschnittshöhe eines Einzelnen 33,16 Millim. Es ist aber $19{,}85 : 33{,}16 = 57^\circ\ 44'\ 57'' : 96^\circ\ 28'\ 18''$, d. h. die Krümmungswinkel verhielten sich umgekehrt, wie die durchschnittlichen Höhen der entgegengesetzt gekrümmten Wirbel. Der Messung nach wich die Mitte des ersten Rückenwirbels von der des vierten Lendenwirbels, wenn dieser mit seiner Unterfläche horizontal stand, um $2-3^\circ$ ab. Die Rechnung ergiebt $\frac{96^\circ\ 54'\ 48'' \times 117{,}57}{190{,}52} - 57^\circ\ 44'\ 57'' = 2^\circ\ 3'\ 50''$.

2) Das Skelett eines rhachitischen alten Mannes war in der oben beispielsweise angeführten Weise 5 Mal verkrümmt, so daß eine Biegung nach rechts auf die Halswirbel, drei auf die Rückenwirbel, eine auf die Lendenwirbel kamen. Die Hauptbiegung des Rückens betraf die vier letzten Rücken- und den ersten Lendenwirbel; die compensirende Lumbarkrümmung,

die vier folgenden Lendenwirbel. Die Wirbel waren zugleich in sehr bedeutendem Maaße um ihre Achse gedreht. Für die Krümmung der vier letzten Rücken- und des ersten Lendenwirbels war $m = 55$ und $n = 61$ Millim. Daher $r = 70{,}52$ und $\varphi = 102^0\ 30'\ 8''$. An der Biegung der vier letzten Lendenwirbel zeigte sich $m = 47$ und $n = 53$. Daher $r = 57{,}34$ und $\varphi = 110^0\ 6'\ 30''$. Die Höhe der vier letzten Rücken- und des ersten Lendenwirbels glich 165 Millim., die vier letzten Lendenwirbel 143 Millim. Folglich haben wir als Mittelwerth für einen der ersteren 33 und für einen der letzteren 35,75 Millim. Es ist aber $33 : 35{,}75 = 102^0\ 30'\ 8'' : 111^0\ 26'\ 38''$. Hier verhielten sich also die Krümmungswinkel annähernd wie die mittleren Höhen der entsprechenden Wirbel, und nicht umgekehrt wie dieselben. Der gemessene Abweichungswinkel der beiderseitigen Endpunkte der beiden Krümmungen glich $12\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ Grad. Der berechnete beträgt aber $102^0\ 30'\ 8'' - \frac{110^0\ 6'\ 30'' \times 57{,}34}{70} = 12^0\ 54'\ 33''$. Ob nun das abweichende Resultat von der Nr. 1 gemachten Erfahrung von Zufälligkeiten abhängt, ob die Präparation des Skelettes daran Schuld war, ob überhaupt die mittlere Höhe der verkrümmten Wirbel in einem bestimmten Verhältnisse stehe, müssen künftige Erfahrungen entscheiden. Die Bestimmung der Proportion der Winkel zu den Längen- und Querschnitten der Wirbel stößt deshalb auf sehr bedeutende Schwierigkeiten, weil die Wirbelkörper der verkrümmten Skelette an beiden Seiten sehr ungleich ausgebildet sind und daher ohne Zerstörung der Präparate selbst nicht einmal approximativ richtige Grundzahlen gefunden werden können.

Das oberste Ende der Wirbelsäule, auf welchem der Kopf zunächst ruht, zeigt die eigenthümliche Einrichtung, daß die Beugung und Streckung, sowie die Drehung von einer nach der andern Seite auf zwei verschiedenartige Gelenke vertheilt ist. Die Condyli occipitis bewegen sich an den Gelenkflächen des Atlas von vorn nach hinten und umgekehrt. An ihnen erfolgt die Flexion und Extension des Kopfes. Die Drehung von einer Seite zur andern dagegen ist der Zapfengelenkeinrichtung des Epistropheus, deren Wirksamkeit schon §. 753 betrachtet wurde, übertragen. Die Biegung und Streckung wird daher von dem Kopfe allein auf dem Atlas, die seitliche Wendung von ihm und dem ersten Halswirbel um den Zahnfortsatz des zweiten vollführt. 840

An und für sich könnten die Wirbel vermöge der nach oben abnehmenden Größe ihrer Körper und der zwischen ihnen und ihren Fortsätzen befindlichen Weichgebilde über einander aufgeschichtet bleiben, ohne daß sie hierzu der Unterstützung fixirender Muskeln bedürften. Allein die Wirbelsäule erhält dadurch, daß sie vorn durch die Weichgebilde des Halses, den Thorax und den Unterleib belastet ist, während hinten ein compensirendes Gegengewicht fehlt, die Neigung, sich nach vorn umzubiegen. Dieser Inclination müssen dann die Rückenmuskeln, welche als Strecker derselben wirken, entgegenarbeiten. Jede Tendenz zur Seitenkrümmung aber wird im Normalzustande durch die laterale Symmetrie der an der Wirbelsäule aufgehängten Organe, welche in dieser Beziehung als seitliche, aber entgegengesetzte Gewichte thätig sind, aufgehoben. Bei dem Kopfe treten ähnliche Verhältnisse ein. Schneidet man ihn über dem Atlas los, so kann er auf der obern Horizontalfläche eines senkrechten Cylinders so aufgestellt werden, daß er nur auf den Condylen des Hinterhauptbeines ruht und, sich auf diesen allein stützend, balancirt. Er steht dann vollkommen aufrecht. Das Gesicht ist gerade aus und auf kaum merkliche Weise nach oben ge- 841

richtet (W. u. Ed. Weber)[1]). Bei der geringsten Verrückung jedoch schlägt er leicht nach vorn über, weil sein Schwerpunkt sehr hoch liegt, die Unterstützung daher sehr unsicher ist und bei der geringsten Veränderung ungenügend wird. Auch hier müssen daher die Nackenmuskeln, welche sich an das Hinterhaupt befestigen, den Kopf gleich Stricken anziehen, damit er nicht nach vorn um- und hinunterfalle.

Trägt ein Mensch an einer Seite eine bedeutende Last, so erhält die Wirbelsäule die Neigung, sich nach dieser Seite auszubiegen. Wird die eine Schulter durch eine in der Achselhöhle befindliche Unterstützung emporgehoben, steht das Becken schief, fordert eine anhaltende Arbeit eine fortdauernde erhöhte Stellung der einen Schulter, so krümmt sich meistentheils die Wirbelsäule in seitlicher Richtung dergestalt, daß die Convexität des Bogens nach der höheren, die Concavität nach der niedrigeren Seite sieht. Wir finden daher auch, daß Menschen, welche an einer Krücke gehen, hinken, anhaltend an erhöhten Tischen schreiben, nähen u. dgl., leicht nach und nach von solchen Verkrümmungen der Wirbelsäule heimgesucht werden. Selbst die vorzugsweise Geschicklichkeit der rechten Hand macht sich nicht selten bei ganz gesunden Personen bemerklich. Individuen weiblichen Geschlechtes haben zu solchen Desorganisationen eine größere Neigung, als solche männlichen. Dieses hängt theils von dem durchschnittlich zarteren Baue der Frau, theils aber auch davon ab, daß bei ihr die Rückenwirbel meistentheils nach der Seite beweglicher sind als bei dem Manne.

Zur approximativen Bestimmung der Bogen, in welchen sich die Condylen des Hinterhauptes auf den Gelenkflächen des Atlas bewegen und der Zahnfortsatz des Epistropheus an dem Körper des ersten Halswirbels dreht, dient folgendes Verfahren. Man schneidet den Hals einer Leiche an den unteren Halswirbeln durch und stellt das Ganze so auf, daß der Kopf senkrecht nach unten fixirt ist. In dem Wirbelcanale wird der eine Arm eines Cirkels in perpendiculärer Richtung dergestalt fest gemacht, daß die andere horizontal gestellte Branche an einem vorgehaltenen unverrückbaren Pappdeckel oder an einer Wand einen Kreis beschreiben kann. Vollführt man nun die einzelnen oben erwähnten Bewegungen der Wirbelsäule, so erhält man die entsprechenden Bogen gezeichnet. Man bestimmt dann nach dem früher angegebenen Verfahren die halbe Sehne des ganzen und die ganze Chorde des halben Bogens und berechnet hieraus den Radius und den Winkel. Auf solche Art ergaben sich z. B. an der Leiche eines erwachsenen Mannes folgende Werthe: 1) Bewegung der Condylen des Hinterhauptes von vorn nach hinten. Halbe Sehne des ganzen Bogens = m = 79,5 Millimeter, ganze Sehne des halben Bogens = n = 81 Millimeter. Folglich Radius des beschriebenen Kreises = v = 211,42 Millim. und Bogen = φ = 44° 10′ 28″ oder ungefähr 45°. Bei der natürlichen Beugung und Streckung vergrößert sich dieser Winkel, weil sich noch dabei die Halswirbel selbst betheiligen. 2) Drehende Bewegung der steif gehaltenen Halswirbelsäule von einer Seite zur anderen oder des Epistropheuszahnes um den Atlas. m = 68 Millim., n = 73 Millim. Daher v = 100,35 Millim. und φ = 85° 7′ 57″, d. h. von der Mittellinie aus konnte der Atlas nach jeder Seite im Maximum um etwas weniger als 45° gedreht werden. Bei diesen Versuchen hatten die Halswirbel ihre Muskulatur noch vollständig an sich, waren aber von den übrigen Muskeln des Halses gesondert.

842 Die vorzüglichsten Strecker der Wirbelsäule liegen in der sogenannten dritten und vierten Schicht der Rückenmuskeln. Hierher gehören insbesondere die Multifidi spinae, die Interspinales, die Intertransversarii, am Halse die Spinales und Semispinales cervicis, die Cervicales descendentes, Transversales cervicis, und aus der zweiten Muskelschicht die Splenii colli, am Rücken und an den Lenden die Rotatores dorsi, die Semispinales dorsi, die Longissimi dorsi und die Sacrolumbares s. Ileocostales. Wirken diese beiderseitigen Extensoren zu stark,

[1]) Weber a. a. O. S. 97.

so können sie auch die nach hinten gerichteten Concavitäten der Hals- oder der Lendenwirbelsäule vergrößern. Bei einseitiger Arbeit dagegen functioniren sie entweder als seitliche Beuger oder als Dreher oder treten in beiderlei Rollen zugleich auf. Nur die längs der Mittellinie verlaufenden Interspinales, sowie zum Theil die Spinales machen eine Ausnahme hiervon. Flexoren sind besonders die Intertransversarii, der Cervicalis descendens, Transversalis cervicis, Longissimus dorsi und der Sacrolumbaris im ältern Sinne des Wortes, Dreher der Multifidus Spinae, die Rotatores dorsi, der Semispinalis cervicis und dorsi, der Complexus und Splenius colli der einen Seite.

Bei Rückgrathsverkrümmungen sind die beiderseitigen Strecker der Wirbelsäule an den krankhaften Stellen entweder zu stark oder ungleich verlängert oder verkürzt. Dasselbe gilt von den Fascien, vorzüglich der Fascia lumbo-dorsalis, welche die dritte Schicht der Rückenmuskeln von außen bedeckt. Nur bei reinen Kyphosen kann eine gleichmäßige zu starke Ausdehnung der Strecker beider Seiten eintreten. Diese Art von Verbiegung tritt daher nie in Folge von Leiden der Muskeln oder des Nervensystemes, sondern durch Zerstörung der vorderen Theile der Wirbelkörper ein. — Ziehen die beiderseitigen Strecker zu stark zusammen, so werden sie natürlich Lordose erzeugen. Am Halse und vorzüglich an den Lenden kann diese, der Normalform entsprechend, sehr leicht eintreten. Am Rücken dagegen widersetzt sich die Gestalt der Wirbelsäule selbst einem solchen Leiden. Daher auch hier eine Lordose ohne Drehung der Wirbel zu den seltensten Erscheinungen gehört. Umgekehrt haben wir sie in dem Lumbartheile der Wirbelsäule am häufigsten. Sind z. B. die beiderseitigen Longissimi dorsi und Sacrolumbares zu stark verkürzt, so wird sich in der Lendengegend eine Aushöhlung einstellen. Das Individuum wird oft um mehrere Zoll kleiner, als es früher war und zeigt einen wackelnden unsichern Gang. Betrifft das Leiden nur eine Seite, weil entweder der Longissimus dorsi und Sacrolumbaris primär zu stark contrahirt ist, oder weil der Psoas als Antagonist keinen hinreichenden Widerstand leistet, so richtet sich das Becken schief. Der Schenkel der leidenden Seite erscheint bei aufrechter, weniger aber bei liegender Stellung verkürzt. Die Differenz läßt sich durch den Zug leicht ausgleichen. Allein sobald dieser aufhört, kehrt die Difformität von selbst wieder (Stromeyer) [1].

Bei den reinen Skoliosen müssen sich zunächst die tiefer liegenden, unmittelbar an der Wirbelsäule arbeitenden Muskeln betheiligen. Hierher gehören der Longissimus dorsi, der Sacrolumbaris und die Intertransversarii und bei Achsendrehungen der Wirbel der Multifidus spinae, die Rotatores und Semispinales dorsi. Diese Muskeln werden an derjenigen Seite, an welcher die Wirbelsäule concav eingebogen oder nach welcher hin sie gedreht ist, verkürzt, an der anderen verlängert erscheinen. Hiernach müssen auch die Indicationen bestimmt werden, welche Muskeln etwa zur versuchsweisen Heilung der Mißgestaltung zu durchschneiden sind.

Eine eigenthümliche Reihe von Ansichten über die Muskeln, deren regelwidrige Zusammenziehungen Skoliosen veranlassen können, hat Stromeyer [2]) entwickelt. Hiernach werden weniger die näheren, als die entfernteren, oberflächlicheren Muskeln, vorzüglich diejenigen, welche bei intensiveren Athembewegungen thätig sind, berücksichtigt. Stromeyer glaubt nämlich in Abrede stellen zu müssen, daß die Intertransversarii, die Multifidi spinae, die Spinales und Semispinales dorsi bei den Skoliosen direct als ursächliche Momente afficirt seien, weil sich sonst die Verkrümmungen mehr einseitig ausdehnen müßten, als dieses in der Wirklichkeit der Fall ist, oder weil sich dann nur einzelne Muskelköpfe krankhaft contrahiren würden, wozu kein rechter Grund vorliegt. Allein das letztere dürfte weder anatomisch noch physiologisch zu den Unmöglichkeiten gehören. Bei Schiefstellungen des Kopfes und Halses betheiligen sich am häufigsten nach Stromeyer der Sternocleidomastoideus und der Cucullaris, der Levator anguli scapulae

---

[1]) L. Stromeyer über Paralyse der Inspirationsmuskeln. Hannover, 1836. 8. S. 53 — 57.

[2]) a. a. O. S. 51 — 89.

und der Rhomboideus, bei Skoliosen die Scaleni und vorzüglich der Serratus magnus, welcher als Antagonist des Zwerchfelles die Rippen nach außen, hinten und oben zieht, während sie durch das Diaphragma die entgegengesetzte Bewegungsrichtung erhalten. Ist aber der große Sägemuskel der einen Seite gelähmt, so gewinnt der der anderen das Uebergewicht. Während dort der Brustkasten einfällt und von der Achselhöhle aus nach abwärts zu hohl wird, bewegen sich die Rippen der entgegengesetzten Seite nach oben und außen. Schon hierdurch entsteht dann eine Grundstörung des seitlichen Aequilibers der Wirbelsäule. Allein da die Thätigkeit der Cucullares unter den obigen Verhältnissen gleichzeitig gehindert ist, so wird der Kappenmuskel derjenigen Seite, an welcher der Serratus nachgiebt, an Wirksamkeit verlieren, weil hier das Schulterblatt weniger befestigt ist. Der entgegengesetzte Cucullaris dagegen greift die Dornfortsätze an und erzeugt eine Achsendrehung der Wirbel. Ob jedoch der Serratus anticus und vorzüglich der Cucullaris diese Kraft besitzen, müssen künftige Untersuchungen noch definitiver feststellen. Zur Bildung unterer Skoliosen können noch nach Stromeyer die Quadrati lumborum und die Psoae beitragen.

Die bei Rückgrathsverkrümmungen veränderten Muskeln weichen aber nicht immer in ihren Dimensionen allein von einander ab, so daß die contrahirten kürzer und dicker, die ausgedehnten länger und platter erscheinen, sondern ändern sich auch nicht selten ferner um. Treten die Knochentheile einander zu nahe, so können sich sogar nach Günther [1]) ihre Ansätze verschieben und andere, als im Normalzustande werden — ein Fall, der physiologisch noch sehr räthselhaft erscheint. Die Zwischenräume der gezerrten Muskeln füllen sich mit Fett oder einer gallertigen Masse oder beiderlei Substanzen zugleich. Die Muskelfasern selbst werden entweder tendinös oder blaß und erliegen zum Theil einer Fettumwandlung. Das erstere soll bei denjenigen Muskeln Statt finden, welche durch active Zurückziehung die Verkrümmung erzeugen, das letztere dagegen dann eintreten, wenn die passiven Bewegungsorgane die erste Veranlassung zur Difformität gegeben und die Muskeln sich ruhiger verhalten haben (J. Guérin) [2]). Daß endlich zuletzt die ganzen Muskelmassen dergestalt entarten können, daß ihre einzelnen Köpfe, so wie Stellen ihres Verlaufes oder Ansatzes völlig unkenntlich werden, versteht sich von selbst.

Rührt die Verkrümmung der Wirbelsäule von Knochenleiden her, oder ist sie überhaupt die ursprüngliche Krankheit, so werden sich ebenfalls die Muskeln, so lange sie energisch wirken, activ verkürzen müssen. Denn da die Distanz ihrer beiderseitigen Ansatzpunkte verkleinert ist, so wird eine Längenverminderung von selbst eben so gut eintreten, als wenn wir z. B. die Ansatzsehne eines Muskels durchschneiden. Hieraus folgt aber, daß die Durchschneidung der angespannten kürzeren und dickeren Muskeln das Leiden in solchen Fällen höchstens in geringem Grade zu verbessern, nicht aber zu heilen vermag. Hat man Grund zu vermuthen, daß eine active krampfhafte Verkürzung einzelner Rückenmuskeln, z. B. des Longissimus dorsi, Sacrolumbaris und der Intertransversarii, oder des Multifidus spinae, oder des Serratus anticus die Wirbelsäule schief ziehe, und ist dieser Zustand aus angeborenen oder erworbenen Längenverminderungen der genannten Muskeln entstanden, so läßt sich im Anfange des Uebels von der Myotomie Heil erwarten, sobald nämlich die knöchernen Wirbel selbst noch nicht auf beiden Seiten ungleich hoch sind oder die Ursachen der Muskelverkürzung auf tieferen nicht gehobenen Leiden des Nervensystemes beruhen. Sonst dagegen kann diese Operation entweder gar nicht gelingen, oder es wird die Verbiegung nach einiger Zeit wiederkehren.

Von den übrigen orthopädischen Mitteln, welche zur Heilung von Verkrümmungen anempfohlen worden, widersprechen einige mechanischen, andere physiologischen Grundsätzen. Läßt man z. B. Kranke der Art auf hohen Krücken gehen, so stellt man keine stabile, sondern eine labile beiderseitige Unterstützung und Extension her. Die Höhen schwanken jedes Mal, je nachdem jeder der beiden Stäbe senkrecht oder schiefer aufgesetzt wird. Zweckmäßiger sind daher schon Mieder mit krückenartigen Fortsetzungen unter den Achseln, sobald sie passend gearbeitet sind und die Athmung nicht beschweren. Durch anhaltende Streckung z. B. auf einem Streckbette die verkürzten Muskeln zu ihrer Normalthätigkeit zurückführen zu wollen, widerstreitet dem physiologischen Gesetze, daß jeder

---

[1]) Günther in C. C. Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. VI. Leipzig, 1842. 4. S. 366. 67.

[2]) J. Guérin in Gazette médicale de Paris. 1840. 4. p. 365 fgg.

Muskel nur durch Uebung, d. h. durch abwechselnde Zusammenziehung und Erschlaffung, nicht aber durch Ruhe erstarkt. Wir sehen daher auch, daß Verkrümmte, welche sehr lange auf Streckbetten gelegen haben, nur noch mehr, als früher, sobald sie aufrecht stehen sollen, zusammensinken. Die Anwendung dieses Mittels darf höchstens mit einem sehr regulären Wechsel von gymnastischen Uebungen versucht werden. Aehnliches gilt von Druckverbänden. Ueberhaupt ergiebt sich aus den oben erwähnten pathologisch anatomischen Verhältnissen der Verkrümmungen der Wirbelsäule von selbst, daß Uebel der Art nur im Kindesalter oder in dem allerersten Anfange zu beseitigen, in späterer Zeit etwas zu verbessern und, wenn schon Knochenabweichungen in irgend höherem Grade existiren, gar nicht zu heilen sind. Die einfachsten Mittel aber concentriren sich, wie dieses in der besseren Orthopädie gegenwärtig immer mehr Eingang findet, auf vier Hauptpunkte, nämlich Erzielung einer regelrechten Stellung der Wirbelsäule durch Application geeigneter Apparate, Stärkung der Muskeln durch Gymnastik, Verbesserung der Constitution durch gute Luft, Nahrung, Bäder u. dgl. und Vermeidung aller Arbeiten, welche eine schiefe Körperhaltung bedingen können.

Die Streckung des Kopfes an der Wirbelsäule erfolgt durch die Thä- 843
tigkeit der beiderseitigen Cucullares (?), Splenii capitis et colli, Biventres cervicis, Complexus, Trachelomastoidei (?), Obliqui capitis superiores und inferiores und Recti capitis postici majores und minores. Die meisten dieser Muskeln, wie z. B. der Splenius capitis et colli, Complexus, Obliquus capitis superior und inferior und Rectus capitis posticus major und minor wirken als Dreher, einzelne wie der Trachelomastoideus und der Rectus capitis lateralis mehr als seitliche Herabzieher. Die Rotation des Körpers des Atlas um den Zahnfortsatz des Epistropeus übernehmen der Splenius capitis, Trachelomastoideus, Obliquus capitis inferior der einen und der Sternocleidomastoideus der entgegengesetzten Seite (Krause)[1].

Dadurch, daß der Kopf des Menschen wenigstens bei der schon oben §. 837. angegebenen Lage auf der Wirbelsäule frei balanciren kann, braucht das Nackenband nur in rudimentärem Zustande vorhanden zu sein. Bei den meisten Säugethieren dagegen bildet die Wirbelsäule keine aufrechte elastische Stange, sondern eine mehr oder minder horizontale Hängebrücke, an welcher vorn der Kopf suspendirt sein muß. Je schwerer dieser ist, um so stärker fällt auch das Ligamentum nuchae aus und um so länger werden die Dornfortsätze der Hals- und Rückenwirbel, an welche es sich befestigt. Ob es sich bei Menschen, welche constant den Kopf nach vorn übersinken lassen, z. B. bei bejahrten Leuten, bei Buckeligen stärker entwickele, steht dahin.

Die vordere Fläche der Wirbelsäule besitzt nur wenige directe Beuger 844
oder Dreher, weil einerseits schon ohnedies das Uebergewicht nach dieser Seite überneigt und anderseits Muskeln, welche ursprünglich zu anderen Zwecken dienen, jene Flexion nebenbei erfüllen können. Die schärfste Ausbildung eigner Flexoren tritt noch am Halse hervor. Hier beugen die beiden Longi colli, wenn sie gemeinschaftlich wirken, die Cervicalparthie der Wirbelsäule, während die Recti capitis antici majores und minores den Kopf nach vorn senken. Arbeitet nur Einer der letzteren Muskeln, so neigt sich der Kopf nach der Seite desselben. Jeder einzelne Longus colli bildet einen Dreher und zwar so, daß sich der Hals bei der Thätigkeit der obern Portion nach derselben, bei der unteren dagegen nach der entgegengesetzten Seite wendet. Finden die Scaleni an den Rippen ihre festen Punkte, so beugen oder neigen sie ebenfalls die Halswirbelsäule, und

[1]) C. F. Th. Krause Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Aufl. Bd. I. Hannover, 1861. 8. S. 461.

zwar der Scalenus anticus nach vorn, der Scalenus medius und posticus nach der Seite. Wirken die beiden mittleren oder die beiden hinteren Rippenhalter gleichzeitig mit derselben Energie, so fixiren sie den unteren Theil der Halswirbelsäule.

845 An der Brust und dem Bauche erscheinen die beiderseitigen Obliqui und Recti abdominis mit den Pyramidales als Flexoren der Wirbelsäule, indem sie zunächst die Rippen angreifen und so mit sehr langen Hebelarmen die Wirbel afficiren. Am Lendentheile können die Psoae majores die Beugung bewirken, sobald z. B. bei dem Stehen die Oberschenkel fixirt sind. Jeder Quadratus lumborum zieht, wenn er allein arbeitet, die Lendenparthie der Wirbelsäule nach seiner Seite. Sie wird aber durch die gleichzeitige Thätigkeit beider in ihrer Mittelrichtung festgestellt.

846 Der unterste Theil der Wirbelsäule, das Heiligbein und Steißbein, zeichnen sich durch ihre geringe Muskulatur aus. Da das erstere das Piedestal der Wirbel und des auf ihnen balancirenden Kopfes bildet, so würde nur jede bedeutende Beweglichkeit diese seine Function gestört haben. Daher die feste Verbindung des Os sacrum mit den Darmbeinen durch die Symphysis sacro-iliaca. Am Steißbeine dagegen kann wiederum eine geringe Motilität hervortreten. Hier begegnen wir dann auch dem Curvator Coccygis s. Sacrococcygeus anticus und dem Coccygeus, welche die Flexion, und dem bisweilen isolirten Extensor coccygis s. Sacrococcygeus posticus, welcher die Streckung der Streißbeine übernimmt.

Behufs der leichteren ärztlichen Beurtheilung der verschiedenartigen Verkrümmungen des Kopfes und der Wirbelsäule folgt hier anhangsweise eine Uebersicht der Muskeln, welche sich vorn und hinten an den Kopf und die einzelnen Wirbel anfügen [1]).

Kopfstück oder Wirbel.	Theil des Kopfes oder Wirbels.	Muskel.	
		Ursprung.	Ansatz.
Hinterhauptsbein.	Grundtheil.		Recti capitis anteriores. Rectus capitis lateralis.
	Protuberantia occipitalis externa.	Cucullaris.	
	Linea semicircularis superior.	Cucullaris.	Splenius capitis Biventer. Complexus.
	Linea semicircularis inferior.		Rectus capitis posterior major und minor. Obliquus capitis superior.
Schläfenbein.	Pars mastoidea.		Splenius capitis.
	Processus mastoideus.		Sternocleidomastoideus. Trachelomastoideus.
Atlas.	Vorderes Tuberculum.		Longus colli.

[1]) Siehe auch Krause a. a. O. S. 1185—88. 1195—99.

Kopfstück oder Wirbel.	Theil des Kopfes oder Wirbels.	Muskel. Ursprung.	Muskel. Ansatz.
	Seitenmasse.	Rectus capitis anticus minor.	
	Querfortsatz. Vorderes Tuberculum.	Rectus capitis anticus major. Rectus capitis lateralis.	Scalenus medius.
	Querfortsatz. Hinteres Tuberculum.	Rectus capitis lateralis. Obliquus capitis superior. Levator scapulae.	Splenius colli. Transversalis cervicis. Obliquus capitis inferior.
	Tuberculum des hintersten Theiles des Bogens.	Rectus capitis posticus minor. Cucullaris.	
Epistropheus.	Körper.		Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Levator scapulae.	Scalenus medius. Splenius colli. Transversalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Rectus capitis posticus major. Obliquus capitis inferior. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae.
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae.	
Dritter Halswirbel.	Körper.		Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Rectus capitis anterior major. Longus colli. Levator scapulae Trachelomastoideus Biventer. Complexus. Multifidus spinae.	Scalenus medius. Splenius colli. Transversalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae.	
Vierter Halswirbel.	Körper.		Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Rectus capitis anticus major. Longus colli. Levator scapulae Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae.	Scalenus anterior und medius. Splenius colli. Transversalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae.	
Fünfter Halswirbel.	Körper.	Longus colli.	Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Rectus capitis anticus	Scalenus anterior, medius u. posticus. Trans-

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel.	
		Ursprung.	Ansatz.
		major. Longus colli. Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae.	versalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae.	
Sechster Halswirbel.	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Retus capitis anticus major. Longus colli. Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae. Transversalis cervicis.	Scalenus anticus, medius und posticus. Longus colli. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Rhomboideus. Serratus posticus superior. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae.	
Siebenter Halswirbel.	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae. Transversalis cervicis. Levator costae brevis I.	Scalenus medius u. posticus. Longus colli. Sacrolumbaris. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Rhomboideus. Serratus posticus superior. Biventer cervicis. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortsatz.	Multifidus spinae.	
Erster Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Intertransversarius. Trachelomastoideus. Transversalis cervicis. Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum II.	Fasciculus internus longissimi dorsi. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Rhomboideus. Serratus posticus superior. Biventer cervicis. Interspinalis.	Semispinalis dorsi. Multifidus spinae. Interspinalis.
Zweiter Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli.	

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel.	
		Ursprung.	Ansatz.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Levator costarum III. Sonst wie am ersten Rückenwirbel.	wie am ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris Splenius capitis. Splenius colli. Rhomboideus. Serraratus posticus major. Interspinalis.	Spinalis und Semispinalis dorsi. Multifidus spinae. Interspinalis.
Dritter Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Levator costarum IV. Sonst wie am ersten Rückenwirbel.	wie am ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Splenius colli. Rhomboideus. Interspinalis.	wie am zweiten Rückenwirbel.
Vierter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Levator costarum V. Sonst wie am ersten Rückenwirbel.	wie am ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Splenius colli. Rhomboideus. Interspinalis.	wie am zweiten Rückenwirbel.
Fünfter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum VI. Intertransversarius.	wie am ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Interspinalis.	wie am zweiten Rückenwirbel.
Sechster Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum VII. Intertransversarius.	wie am ersten Rückenwirbel.
	Dornfortsatz.	Cucullaris. Interspinalis.	Spinalis dorsi. Multifidus spinae. Interspinalis.
Siebenter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum VIII. Intertransversarius.	wie am ersten Rückenwirbel.

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel.	
		Ursprung.	Ansatz.
Achter Rückenwirbel.	Dornfortsatz.	Cucullaris. Interspinalis.	wie am sechsten Rückenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum IX. Intertransversarius.	wie am ersten Rückenwirbel.
Neunter Rückenwirbel.	Dornfortsatz.	Cucullaris. Interspinalis.	wie am sechsten Rückenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Levator costarum X. Sonst wie am achten Rückenwirbel.	wie am ersten Rückenwirbel.
Zehnter Rückenwirbel.	Dornfortsatz.	Cucullaris. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Levator costarum XI. Sonst wie am achten Rückenwirbel.	wie am ersten Rückenwirbel.
Eilfter Rückenwirbel.	Dornfortsatz.	Cucullaris. Spinalis dorsi. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Multifidus spinae. Levator costarum XII. Intertransversarius.	wie am ersten Rückenwirbel.
Zwölfter Rückenwirbel.	Dornfortsatz.	Cucullaris. Spinalis dorsi. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Körper.	Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortsatz.	Multifidus spinae. Intertransversarius.	wie am ersten Rückenwirbel.
Erster Lendenwirbel.	Dornfortsatz.	Cucullaris. Spinalis dorsi. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Körper.	Aeußerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major und minor.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Aeußerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major. Quadratus lumborum. Intertransversarius.	Quadratus lumborum. Sacrospinalis. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	Spinalis dorsi. Sacrospinalis. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Processus accessorii und mammillares.	Multifidus spinae. Interaccessorii.	Longissimus dorsi.

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel. Ursprung.	Muskel. Ansatz.
Zweiter Lendenwirbel.	Körper.	Mittlerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Psoas major. Quadratus lumborum. Intertransversarius.	wie an dem ersten Lendenwirbel.
	Dornfortsatz.	wie am ersten Lendenwirbel.	wie am ersten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am ersten Lendenwirbel.	wie am ersten Lendenwirbel.
Dritter Lendenwirbel.	Körper.	Innerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	wie am zweiten Lendenwirbel.	wie am zweiten Lendenwirbel.
	Dornfortsatz.	wie am ersten Lendenwirbel.	wie am ersten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am ersten Lendenwirbel.	wie am ersten Lendenwirbel.
Vierter Lendenwirbel.	Körper.	wie am dritten Lendenwirbel.	wie am dritten Lendenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	wie am zweiten Lendenwirbel.	wie am zweiten Lendenwirbel.
	Dornfortsatz.	Sacrospinalis. Interspinalis.	wie am ersten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am ersten Lendenwirbel.	wie am ersten Lendenwirbel.
Fünfter Lendenwirbel.	Körper.	Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortsatz.	Psoas major. Iliacus internus. Intertransversarius.	Sacrospinalis. Intertransversarius.
	Dornfortsatz.	wie am vierten Lendenwirbel.	wie am vierten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am ersten Lendenwirbel.	wie am ersten Lendenwirbel.
Heiligbein.	Vorderfläche.	Pyriformis.	
	Hinterfläche.	Glutaeus maximus. Sacrospinalis. Multifidus spinae. Intertransversarius.	

Die Rippen bilden mit dem Brustbeine einen im Ganzen und in 847 seinen einzelnen Theilen beweglichen Korb, dessen Veränderungen vorzugsweise für den Athmungsproceß in Anspruch genommen werden. Die ersteren ruhen einerseits an den Körpern und den Querfortsätzen der Wirbel und sind anderseits durch knorpelige Fortsatzstücke mittelbar oder unmittelbar mit dem Brustbeine verbunden. Durch diese Einrichtung, sowie durch ihre

eigene Länge bei verhältnißmäßig bedeutender Plattheit erhalten sie eine große Federkraft und kehren daher leicht in ihre alte Stellung zurück, sobald die sie hebenden oder nach außen ziehenden oder sonst verändernden Muskeln in ihrer Zusammenziehung nachlassen. Dieses Verhältniß begünstigt es zu gleicher Zeit, daß der Thorax nicht selten einen festen Stützpunkt abzugeben vermag, damit einzelne Muskeln von ihm aus auf die Wirbelsäule, den Kopf, den Unterleib u. dgl. wirken können. In jedem Falle aber haben die Rippen an den Wirbeln doppelte Stützpunkte, nämlich einen an den Wirbelkörpern und einen an den Querfortsätzen. Ihre Beweglichkeit nimmt von oben nach unten immer mehr zu. Nur die vorletzte und letzte bilden eine Ausnahme hiervon. Ja die zwölfte erscheint bisweilen selbst fixer als die erste (Soemmerring)[1]. Diesem entsprechend ist auch das Brustbein vermöge seiner Form, Ausdehnung und Lage, sowie vermittelst seines Schwertfortsatzes für eine größere Erweiterung des unteren Theiles des Thorax eingerichtet.

848 Die Muskulatur, welche an dem Brustkorbe arbeitet, sucht ihn vorzugsweise im Ganzen oder in seinen einzelnen Parthieen zu heben oder zu senken. Jede stärkere Bewegung ersterer Art aber, welche die Rippen besonders in ihrem hinteren Theile trifft, führt sie zugleich nach außen. Die Art und Weise, wie hierdurch das Spiel des Athmungsmechanismus zu Stande kommt, wurde schon §. 407 u. 408 erörtert.

Diese Verhältnisse würden sich nach Beau und Maissiat[2]) nach Alter und Geschlecht ändern. Denn nach diesen Forschern athmen Neugeborene vorzugsweise abdominal, erwachsene Männer dagegen mit den unteren und Frauen mit den oberen Rippen. Um eine genauere Uebersicht der verschiedenen Muskeln, welche an jeder Rippe und am Brustbeine arbeiten, zu erhalten, dient die nachfolgende Tabelle, in welcher einerseits die Heber und anderseits ihre Antagonisten den einzelnen Theilen nach verzeichnet sind. Die ersteren können als Inspiratoren, die letzteren als Exspiratoren wirken. Die in Parenthese eingeschlossenen Muskeln finden sich an den genannten Stellen nur unbeständig vor. Je nach Verschiedenheit der Fixationspunkte kann übrigens ein Muskel, wie man aus der Uebersicht sieht, in der einen oder der anderen Rolle thätig sein.

Theile.	Heber (möglicher Weise Inspiratoren).	Antagonisten der Heber (möglicher Weise bei der Exspiration oder der mit starkem Drücken verbundenen Inspiration thätig).
Erste Rippe.	Scalenus anticus. Scalenus medius. (Scalenus posticus). Levator costarum brevis I. Serratus anticus. (Serratus posticus superior. Cervicalis descendens.) Subclavius.	Intercostalis externus und internus und Subcostalis I.
Zweite Rippe.	Intercostalis externus und internus (und Subcostalis) I. Scalenus medius und posticus. Levator costarum brevis II. Serratus anticus.	Intercostalis und Subcostalis II. Triangularis sterni. (Fasciculus externus Longissimi dorsi.)

[1]) S. Th. Soemmerring Vom Baue des menschlichen Körpers. Bd. II. Herausgegeben von R. Wagner. Leipzig, 1839. 8. S. 148. 49.

[2]) F. W. Oppenheim Zeitschrift für die gesammte Medicin. Hamburg, 1843. Bd. 23. S. 80. 81.

Theile.	Heber (möglicher Weise Inspiratoren).	Antagonisten der Heber (möglicher Weise bei der Exspiration oder der mit starkem Drücken verbundenen Inspiration thätig).
	Pectoralis major. Serratus posticus superior. (Cervicalis descendens.)	
Dritte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) II. Levator costarum brevis III. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major et minor.	Intercostalis und Subcostalis III. Triangularis sterni. (Longissimus dorsi.)
Vierte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) III. Levator costarum brevis IV. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major et minor.	Intercostalis und Subcostalis IV. Triangularis sterni (Longissimus dorsi. Rectus abdominis.)
Fünfte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) IV. Levator costarum brevis V. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major et minor.	Intercostalis und Subcostalis V. Triangularis sterni. Longissimus dorsi. Obliquus abdominis externus. Rectus abdominis.
Sechste Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) V. Levator costarum brevis VI. Serratus anticus. (Serratus posticus superior.) Cervicalis descendens. Pectoralis major.	Intercostalis und Subcostalis VI. (Triangularis sterni.) Longissimus dorsi. Fasciculus internus Sacrolumbaris. Obliquus abdominis externus. Rectus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Siebente Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) VI. Levator costarum brevis VII. Serratus anticus. Pectoralis major. (Cervicalis descendens)Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis VII. (Triangularis sterni.) Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus externus und Rectus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Achte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) VII. Levator costarum brevis VIII. Serratus anticus. (Cervicalis descendens.) Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis VIII. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus externus und Rectus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Neunte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) VIII. Levator costarum brevis IX. Levator costarum longus I. Serratus anticus. (Cervicalis descendens.) Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis IX. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus externus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Zehnte Rippe.	Intercostalis und Subcostalis IX. Levator costarum brevis X. Levator costarum longus II Latissimus dorsi. (Cervicalis descendens.) Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis X. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus externus und internus abdominis. (Transversus abdominis.)
Eilfte Rippe.	Intercostalis und Subcostalis X. Levator costarum brevis XI. Levator costarum longus III. Latissimus dorsi. Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis XI. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus externus und internus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Zwölfte Rippe.	Intercostalis und Subcostalis XI. Levator costarum brevis XII. Levator costarum longus IV. Latissimus dorsi. Diaphragma.	Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus abdominis externus und internus. (Transversus abdominis ?) Quadratus lumborum.
Brustbein u. Schlüsselbein.	Sternocleidomastoideus (und Sternothyreoideus und Sternohyoideus).	

Der Transversus abdominis wurde immer in dieser Tabelle innerhalb einer Parenthese und mit einem Fragezeichen hinzugefügt, weil sich seine Wirkung trotz seines Ansatzes an die Rippen nicht sowohl auf diese ausdehnt, sondern mehr auf Verminderung des Bauchraumes beschränkt. Das Zwerchfell gehört in der Regel zu den Inspiratoren, sucht aber wahrscheinlicher Weise die Rippen nach innen und nicht nach außen zu führen. Bei dem Drücken kann es ebenfalls seine Beihülfe leisten und in dieser Beziehung eine schwankende Stellung einnehmen.

Bei allen tief greifenden Verkrümmungen der Wirbelsäule verbiegt sich auch der Brustkasten, so daß sich die knöchernen und muskulösen Gebilde beider Seiten ungleich verhalten. In allen Fällen wird hierdurch sowohl der Raum der Brusthöhle, als die senkrechte Höhe des Unterleibes verkleinert. Die Art und Weise aber, in welcher hierbei der Thorax von dem Normalzustande abweicht, ist je nach Verschiedenheit der Krümmungen sehr verschieden. Eine ausführliche Schilderung der mannichfachen, hierdurch zum Vorschein kommenden Formen findet sich bei C. Rokitansky, Handbuch der pathologischen Anatomie. Bd. II. 1842. 8. S. 275—278. Das specielle Verhalten der Muskeln bedarf noch genauerer Untersuchungen.

849 Das Zwerchfell und die 4 bis 5 Paare von Bauchmuskeln verengern den Bauchraum in allen seinen Dimensionen. Das Diaphragma nimmt an den fixirten 6 untersten Rippen seinen Stütz- und an dem Centrum tendineum seinen Angriffspunkt, und wird daher, wenn es sich contrahirt, an allen Stellen seiner Peripherie herabgezogen. Jedoch tritt diese Bewegung vermöge der Ungleichheit der Muskelfasern an den Seiten stärker, als hinten und vorn, und zwar in der letzteren Gegend am schwächsten hervor. Der senkrechte Durchmesser der Bauchhöhle wird auf diese Weise an seinem oberen Ende verkürzt. Die Rippen aber können nie durch das Zwerchfell gehoben werden.

Etwas Aehnliches erfolgt auch durch die Thätigkeit der Obliqui externi und interni und der durch die Pyramidales unterstützten Recti abdominis, wenn diese den Rippenkorb herunterziehen. Die beiderseitigen Obliqui, sowie die Transversi abdominis verengern zugleich die queren und schiefen Durchmesser der Bauchhöhle. In diesem Falle üben die zusammengezogenen Recti einen Gegendruck aus, damit nicht ein Theil der beabsichtigten Wirkung durch Erweiterung des Bauchraumes von vorn nach hinten verloren gehe. Bei einseitiger Thätigkeit kann vorzüglich der Obliquus externus s. descendens zur Seitenbiegung des Rumpfes beitragen. Inwiefern die Bauchmuskeln die Beugung der Wirbelsäule hervorrufen, wurde schon §. 841 erwähnt.

850 Am Beckenausgange endlich haben wir einen Muskelapparat, welcher vorzugsweise für den Mastdarm, die Harn- und Geschlechtswerkzeuge bestimmt ist. Der Levator ani hebt in dieser Hinsicht das untere Ende des Mastdarmes, der Prostata und des Steißbeines in die Höhe und verkleinert daher den Beckenausgang, während der Sphincter ani externus das untere Ende des Mastdarmes verengt und die Hautwülste des Afters einander nähert. Die Folgen der Zusammenziehung der Transversi perinaei dagegen sind noch so gut als unbekannt. Der Vesicalis führt die Harnblase nach unten. Der Constrictor isthmi urethrae drückt den häutigen Theil der Harnröhre zusammen und verkürzt ihn zum Theil. Die Bulbocavernosi compriminen den Bulbus und die Corpora cavernosa der Urethra. Von ihren Specialwirkungen, sowie von denen der Ischioca-

vernosi, des Cremaster und des Constrictor cunni wird in der Lehre von der Zeugung gehandelt werden.

851 Die Bogen, welche der Rumpf im Ganzen mit dem an ihm aufgehängten Kopfe durch Beugung und Streckung im Maximum zu beschreiben vermag, variirt bei verschiedenen Menschen in bedeutendem Grade. W. u. Ed. Weber[1]) erhielten an zwei Individuen für die drei Hauptgrößen der hierbei möglichen Excursionen folgende Werthe:

Nr.	Scheitel und Brustbein.	Brustbein und Kreuzbein.	Scheitel und Kreuzbein.
1	147°	83°	230°
2	175°	85°	260°
Mittel	161°	84°	245°

Wir sehen hieraus, daß ungefähr ⅔ des beschriebenen Bogens auf die Hals- und ⅓ auf die Lendenwirbel kommen. Nach Krause[2]) können Kopf und Hals zusammen von vorn nach hinten um ungefähr 75°, nach den Seiten um 45° bis 50° von der senkrechten Linie abweichen. Die Drehung nach jeder Seite dagegen beträgt 65° bis 75°. Ich erhielt bei einem 43jährigen und einem 21jährigen Manne ähnliche Resultate. Es ergab sich nämlich:

Nr.	Abweichung von der senkrechten Stellung bei möglichster Beugung des Kopfes und Halses nach		Gesammtgröße der Entfernung von Scheitel- und Brustbein.
	vorn	hinten.	
1	62°	105°	167°
2	72°	105°	177°
Mittel	67°	105°	172°

Daß die Lateralbeugung des Kopfes, wenn nur die obersten Halswirbel daran Antheil nehmen, auch nach meinen Erfahrungen ungefähr 45° betrage, wurde schon oben angeführt. An dem lebenden Menschen dagegen fällt dieser Werth bedeutender aus, sobald die sämmtlichen Halswirbel daran Antheil nehmen. An den zwei genannten Individuen fand ich im Maximum der Anstrengung (so daß die Halsmuskeln augenblicklich zu schmerzen anfingen) nach beiden Seiten einen Bogen von 160°, mithin nach jeder derselben einen solchen von 80°.

Jede obere Extremität hängt an dem Schlüsselbeine und dem Schulterblatte ihrer Seite. Da aber nur das erstere auf eine innigere Weise mit dem Brustbeine eingelenkt ist, das Schulterblatt dagegen gar 852

[1]) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 101. [2]) Krause a. a. O. S. 461. 62.

keine Articulation mit dem Thorax oder der Wirbelsäule darbietet, so verliert zwar hierdurch der Arm an Festigkeit, gewinnt aber dafür in hohem Grade an Beweglichkeit. Es müssen daher, wenn keine störende Nebenverhältnisse eintreten, die Ortsveränderungen des Schlüsselbeines und des Schulterblattes auch solche des Armes und zum Theil umgekehrt bedingen.

853 Der vorzüglichste Heber der Clavikel ist der Cucullaris. Wirkt dieser im Ganzen, so wird die Schulter nach hinten und innen gestellt. Sie geht aber durch einseitige Thätigkeit der oberen Parthie des Muskels nach oben, der mittleren nach hinten und innen und der unteren nach unten [1]). Bei festgestelltem Arme können der Deltoideus und Pectoralis major (sowie der Subclavius) das Schlüsselbein herabziehen. Die Schulter senkt sich dann gerade hinab oder tritt etwas nach vorn herunter.

854 Da das Schulterblatt in den meisten Fällen als Ausgangspunkt für viele Muskeln, welche den Oberarm bewegen, dient, so heften sich zweierlei Arten contractiler Gebilde an seine mannichfaltigen Kanten, Flächen und Fortsätze, nämlich 1) solche, welche die Schulter selbst bei hängendem Oberarme nach bestimmten Richtungen hin bewegen oder fixiren. Die Scapula tritt nach oben durch die Thätigkeit des oberen Theiles des Cucullaris und (zugleich etwas innen) durch den Levator scapulae, nach innen und oben durch den Rhomboideus major und minor, nach innen durch den ganzen Cucullaris, nach unten durch den untern Theil des Cucullaris, nach vorn, innen und unten durch den Pectoralis minor und nach außen und vorn durch den Serratus anticus. 2) Die übrigen Muskeln, welche sich an das Schulterblatt ansetzen, wie der Deltoideus, Teres major und minor, Supraspinatus, Infraspinatus, Subscapularis, Biceps brachii, Caput longum tricipitis und Coracobrachialis, wirken vorzugsweise auf den Oberarm. Nur wenn ausnahmsweise das Letztere festgestellt ist, ziehen sie die Scapula in einer dieser ihrer Thätigkeit entgegengesetzten Richtung fort. Für den Omohyoideus (und den Coracocervicalis (Krause) dient sie kaum je als beweglicher Theil.

855 Das Schultergelenk bildet die freieste Arthrodie unseres Körpers. Die seitlich geneigte fast kugelige Gelenkoberfläche des Humerus spielt gegen die bedeutend kleinere Cavitas glenoidalis des Schulterblattes. Der Schutz der Bewegung wird daher der schlaffen Gelenkkapsel, welche nur durch das Ligamentum accessorium humeri verstärkt wird, und den umgebenden Weichgebilden überlassen. Bei dieser Einrichtung entsteht einerseits der Vortheil einer sehr ausgedehnten Beweglichkeit, anderseits aber der Nachtheil, daß sich hier am leichtesten Verrenkungen bilden können, und der Oberarmkopf am häufigsten unter den Processus coracoideus ausweicht.

856 Der Deltoideus hebt den Oberarm nach außen und oben und kann hierbei durch den Supraspinatus (und vielleicht auch durch den Coracobrachialis?) unterstützt werden. Seine Senkung erfolgt durch den Pectoralis major, Latissimus dorsi, Teres major und minor und Subscapularis.

---

[1]) Theile a. a. O. S. 128.

Bei Befestigung des Humerus können dann noch der Coracobrachialis, das Caput breve bicipitis und das Caput longum tricipitis die Entfernung von Oberarm und Rumpf vermindern helfen. Vorzüglich die vordere Abtheilung des Deltoideus, des Pectoralis major und Coracobrachialis ziehen jenen nach vorn; die hintere Portion des Deltoideus dagegen, des Teres major und des Latissimus dorsi nach hinten. Einwärtsroller desselben sind der Subscapularis und zum Theil der Pectoralis major, der Teres major und der Latissimus dorsi, Auswärtsroller dagegen der Supraspinatus, Infraspinatus, Teres minor und vielleicht bisweilen der Coracobrachialis.

Oberarm und Ulna sind durch ein festes, vermittelst des Olecranon 857
der Sperrung fähiges Gelenk mit einander verbunden (§. 753). Hierdurch wird aber nur eine einseitige Bewegungsschwankung, nämlich Beugung und Streckung gestattet. Um jedoch die Drehbewegungen des Vorderarmes und der Hand möglich zu machen, betheiligt sich der Radius bei dem Charnier des Ellenbogengelenkes so wenig als möglich und spielt daher desto leichter in den um die Ulna gehenden Rotationen seiner Längenachse. Zu diesem Zwecke dreht sich oben das Köpfchen der Speiche in dem kleineren halbmondförmigen Ausschnitte der Ellenbogenröhre, während unten die Incisura semilunaris radii den vorderen Umfang des Capitulum ulnae umfaßt. Da die Drehung vorzugsweise auf die Hand berechnet ist, so verbreitert sich der Radius nach unten und beschreibt so oben einen kleineren, unten dagegen einen größeren Kugelabschnitt. Oben wird daher die Kapselmembran der Speiche durch das Ligamentum articulare radii beschränkt, während unten die Membrana sacciformis einen größeren Spielraum gestattet. Es erzeugen sich auf diese Art die Bewegungen der Pronation und der Supination. Bei der ersteren rotirt der Radius von der vorderen nach der hinteren Fläche der Ulna, bei der letzteren dagegen umgekehrt.

Die vorzüglichsten Beuger des Vorderarmes sind der Biceps brachii 858
und der Brachialis internus, die Strecker der Triceps brachii und der Anconeus quartus. Die ersteren können noch der Brachioradialis s. Supinator longus, der Flexor carpi radialis, der Pronator teres und bei befestigter Hand die Extensores carpi unterstützen Die Pronation wird durch die Pronatores teres und quadratus, die Supination durch den Supinator longus und brevis bewerkstelligt. Jene begünstigt der Anconeus, diese der Biceps brachii.

In der Handwurzel hat die Natur acht kleine, gegen einander in ge- 859
ringem Grade bewegliche Knochen zu dem Zwecke mit einander verbunden, daß die mannichfaltigsten Verschiebungen möglich werden. Sind diese auch einzeln genommen unbedeutend, so werden sie doch durch die Metacarpusknochen und die Finger, welche als Zeiger wirken, vergrößert. Zu gleicher Zeit erzeugen die Carpusknochen mit den sie überziehenden Weichgebilden sichere Leitungsrollen für die zu den Fingern verlaufenden Sehnen. Die vorherrschende Bewegung ist die eines Charniers, welches von der Volarfläche nach der Dorsalfläche oder von der einen nach der andern

Seite spielt. Jedoch sind auch beschränkte Drehungen fast in jeglicher Richtung möglich.

860 Als Flexoren der Hand erscheinen der Flexor carpi radialis und ulnaris, der Palmaris longus und nächst ihnen die Flexores digitorum communes sublimis und profundus, sowie der Flexor pollicis longus, als Extensoren die Extensores carpi radialis longus und brevis und der Extensor carpi ulnaris, sowie zum Theil der Extensor digitorum communis, Extensor pollicis longus und brevis, der Extensor indicis proprius longus und der Extensor digiti minimi. Die nach der Ulnarseite gerichtete Adduction vollführen der Flexor und Extensor carpi ulnaris, die Abduction der Flexor carpi radialis, der Extensor carpi radialis longus und brevis und zum Theil der Abductor pollicis. Die Pronation und Supination der Hand wird meistentheils durch die §. 853 genannten Vorwärts- und Rückwärtsbeuger des Vorderarmes vollbracht. Allein jene kann auch zum Theil durch den Flexor carpi radialis und den Extensor carpi ulnaris, diese durch den Flexor carpi ulnaris, die Extensores carpi radialis longus und brevis und den Abductor pollicis longus bewerkstelligt werden.

861 Die vier Mittelhandknochen der Finger werden durch straffe Gelenke mit der Handwurzel verbunden. Der Metacarpusknochen des Daumens bildet eine Arthrodie. Auch hier werden dann Minimalbewegungen, welche an der Basis Statt finden, durch die als Radien wirkenden Finger bedeutend vergrößert. Die ersten Gelenke der vier Finger bilden fast auf Charniere beschränkte Arthrodien, während die zweiten und dritten Gelenke derselben und die beiden des Daumens vollkommene Ginglymi darstellen und nur der Beugung und Streckung fähig sind. Jedoch hat auch sie ihre Grenzen. Gegen die Volarseite nämlich tritt durch die Form der Finger selbst eine Beschränkung zu starker Beugungen ein. Diese erscheint aber an der Dorsalfläche viel früher, weil die Ligamenta transversa volaria wie Stellbänder thätig sind, sobald die Extensoren die Rückenseite der Finger irgend concav zu machen suchen.

862 Der Palmaris longus spannt die Aponeurose der Hohlhand an und gewinnt an ihr einen fixen Punkt, von dem aus er als Beuger zu functioniren vermag. Der Palmaris brevis dagegen scheint die Haut der Vola manus in querer Richtung zu verkürzen und zu falten und in dieser Beziehung vorzüglich bei dem Hohlmachen der Hand zu wirken.

Das erste Glied des Daumens wird durch den Flexor pollicis brevis, welchen auch zum Theil der Abductor pollicis brevis unterstützen kann, gebeugt, durch den Extensor pollicis brevis dagegen gestreckt. Für das Nagelglied bilden der Flexor pollicis longus und der Extensor pollicis longus und brevis die Antagonisten. Die Adduction erfolgt durch den Adductor pollicis, die Abduction durch die Abductores pollicis longus und brevis. Der Opponens pollicis und zum Theil der Flexor pollicis brevis und der Abductor pollicis brevis ziehen den Daumen nach innen, der Abductor pollicis longus, der Extensor pollicis longus und zum Theil der Extensor pollicis brevis nach außen.

Das erste Glied des Zeigefingers wird durch den Lumbricalis primus oder die Flexores digitorum communes, vorzüglich den profundus, das zweite durch die entsprechende Sehne des Flexor digitorum communis sublimis s. perforatus oder durch die des Flexor digitorum communis profundus s. perforans, das dritte durch die des letzteren gebeugt. Seine Strecker sind die correspondirende Portion des Extensor digitorum communis und der Extensor indicis proprius, welcher letztere entweder nur auf das erste oder auf alle Glieder zu wirken vermag. Der Zeigefinger kann durch den Interosseus internus s. volaris primus, durch die erste Sehne des Flexor digitorum communis und zum Theil durch die des Extensor indicis proprius gegen den Mittelfinger, durch den Interosseus externus s. dorsalis primus dagegen und den correspondirenden Antheil des Extensor digitorum communis gegen den Daumen gezogen werden. 863

Mittel- und Ringfinger werden in ihren ersten Gliedern primär durch die Lumbricales II. und III. und secundär durch die beiden Flexores digitorum communes, in ihrer zweiten Articulation durch die letzteren und vorzüglich durch den Flexor digitorum sublimis und in ihrer dritten Gelenkverbindung durch den Flexor digitorum profundus gebeugt und durch die zweite und dritte Sehne des Extensor digitorum communis gestreckt. Der Zug des Ringfingers gegen den Mittelfinger kommt durch den Interosseus volaris secundus, der des letzteren gegen den ersteren durch den Interosseus dorsalis tertius (wenn man den Interosseus primus und den Abductor indicis unterscheidet) zu Stande. Jene Bewegung geht auch bisweilen secundär durch die Zusammenziehung des Flexor digitorum sublimis, diese durch die des Extensor digitorum communis hervor. 864

Am kleinen Finger endlich wirken der zu ihm gehörende Lumbricalis und die Sehnen der Flexores communes digitorum in ähnlicher Weise wie an den anderen Fingern. Außerdem kann aber noch die Beugung des ersten Gliedes durch den Flexor brevis digiti minimi, welchen der Abductor digiti minimi zu unterstützen vermag, die Streckung durch den Extensor digiti minimi vollzogen werden. Die Annäherung an den Ringfinger besorgt der Interosseus volaris tertius, die des ersteren an den Ohrfinger dagegen der Interosseus dorsalis quartus und die Entfernung des kleinen Fingers von dem ersteren der Abductor digiti minimi. Der Adductor digiti minimi bringt den letzteren nach innen und gegen den Daumen hin [1]). 865

Die offene Hand wird durch die Interossei volares, den Opponens pollicis und den Adductor digiti minimi hohl gemacht. Die dabei Statt findende Runzelung der Haut ist größtentheils eine einfache Folge der Verhältnisse, kann jedoch durch den Palmaris brevis unterstützt sein. Vermittelst der Abductores pollicis longus und brevis, des Abductor digiti minimi und des Interosseus dorsalis primus und quartus werden die Finger auseinander gespreizt. Ihre Annäherung dagegen erfolgt durch die Adductores pollicis und digiti minimi, sowie durch die Interossei volares. Die letzteren Muskeln schließen in Verbindung mit den Fingerbeugern die 866

---

[1]) Theile a. a. O. S. 284. 85 fgg.

Faust [1]). Ueber die gegenseitigen Combinationen der Beugung der einzelnen Finger s. Theile in Müller's Archiv 1839. S. 420. und Soemmerring's Muskellehre. Neue Ausgabe. Leipzig, 1841. 8. S. 269.

Da es zu weit führen würde, alle möglichen Combinationen der Muskeln der oberen Extremität bei den verschiedenen Stellungen und Bewegungen anzugeben, so wurde als Compensation dafür die nachfolgende Tabelle entworfen. In ihr finden sich die Muskeln, welche eine Grundbewegung erzeugen, mit ihren Antagonisten verzeichnet. Man kann daher bald für jede gesunde oder krankhafte Stellung der oberen Extremität entweder unmittelbar oder durch Combination des Kräfteparallelogrammes die thätigen Muskeln finden. Die in Parenthese eingeschlossenen Namen beziehen sich auf Muskeln, welche nur unter seltener Nebenbedingung diese Thätigkeit ausüben.

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Col. genannten Muskeln.	Antagonisten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
Schlüsselbein.	Cucullaris. (Portio clavicularis Sternocleidomastoidei.)	nach oben.	Subclavius. Pectoralis major. (Deltoideus.)
Schulterblatt.	Levator scapulae. Rhomboideus major und minor.	nach oben und zum Theil nach innen.	Serratus anticus. (Pectoralis minor.) (Coracobrachialis.)
	Oberer Theil des Cucullaris.	nach oben.	Unterer Theil des Cucullaris.
Oberarm.	Deltoideus. Supraspinatus. (Coracobrachialis?) (Caput longum bicipitis.)	nach oben.	Pectoralis major. Teres major und minor. Subscapularis. Latissimus dorsi. (Coracobrachialis?) (Caput breve bicipitis.) (Caput longum tricipitis.)
	Vordere Portion des Deltoideus. Pectoralis major. Coracobrachialis.	nach vorn.	Hintere Portion des Deltoideus. Teres major. Latissimus dorsi.
	Subscapularis. Teres major. Latissimus dorsi. Pectoralis major.	Einwärtsroller.	Supraspinatus. Infraspinatus Teres minor. (Coracobrachialis?)
Vorderarm.	Biceps brachii. Brachialis internus. (Brachioradialis s. Supinator longus. Flexor carpi radialis. Pronator teres). (Extensor carpi radialis longus.)	Beuger.	Triceps brachii. Anconaeus quartus. (Extensores carpi radiales longus und brevis. Extensor carpi ulnaris.)
	Pronator teres und quadratus. (Anconaeus quartus.)	Pronation.	Supinatores longus und brevis. (Biceps brachii.)
Hand.	Flexores carpi radialis und ulnaris. Palmaris longus. (Flexores digitorum communes sublimis und profundus. Flexor pollicis longus.)	Beuger.	Extensores carpi radiales longus und brevis. Extensor carpi ulnaris. (Extensor digitorum communis. Extensores pollicis longus und brevis. Extensor indicis proprius. Extensor digiti minimi.)
	Flexor carpi ulnaris. Extensor carpi ulnaris.	Adduction.	Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus und brevis. Abductor pollicis longus.

[1]) Krause a. a. O. S. 469.

Theil.	Muskel.	Bewegung der in der zweiten Col. genannten Muskeln.	Antagonisten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
	Pronatores teres und quadratus. (Anconaeus quartus.) Flexor carpi radialis. Extensor carpi ulnaris.	Pronation.	Supinator longus und brevis. (Biceps brachii.) Flexor carpi ulnaris. Extensores carpi radiales longus und brevis. Abductor pollicis longus.
Daumen.	Flexor pollicis brevis. (Abductor pollicis brevis).	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor pollicis brevis (und longus).
	Flexor pollicis longus.	Beugung des Nagelgliedes des Daumens.	Extensor pollicis longus.
	Adductor pollicis.	Abduction.	Abductores pollicis longus und brevis.
	Opponens pollicis. (Abductor pollicis brevis?)	Drehung und Zug nach innen.	Abductor pollicis longus. Extensor pollicis longus (und brevis).
Zeigefinger.	Lumbricalis primus. Flexores digitorum communes sublimis und profundus.	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor digitorum communis und Extensor indicis proprius.
	Flexores digitorum communes sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis profundus s. perforans.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Interosseus internus s. volaris primus. Flexor digitorum communis. (Extensor indicis proprius.)	Zug gegen den Mittelfinger.	Interossei externi s. dorsales primus und secundus s. Abductor indicis. Extensor digitorum communis.
Mittelfinger und Ringfinger.	Lumbricales secundus und tertius. Flexores communes digitorum sublimis und profundus.	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor digitorum communis.
	Flexores digitorum communes sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum profundus.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Interosseus dorsalis tertius.	Zug des Mittelfingers gegen den Ringfinger.	Interosseus volaris secundus. (Zug des Ringfingers gegen den Mittelfinger.)
	Interosseus dorsalis quartus.	Zug des Ringfingers gegen den kleinen Finger.	Interosseus volaris tertius. (Zug des kleinen Fingers gegen den Ringfinger.)
Kleiner Finger.	Lumbricalis quartus. Flexor digiti minimi brevis. (Abductor digiti minimi.) Flexores communes digitorum sublimis und profundus.	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor digitorum communis und Extensor digiti minimi.
	Flexores communes digitorum sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor communis digitorum profundus.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Abductor digiti minimi.	Abduction.	Adductor s. Opponens digiti minimi. (Rollung n. innen.)

Außer diesen Muskeln können sich noch die Aponeurosen bei Verkürzungen betheiligen. Vorzüglich gilt dieses von der sehnigten Ausbreitung der Hohlhand und deren bis zu dem dritten Phalanx der Finger gehenden Verlängerungen (R. Froriep)[1]. Die Längenverminderung derselben vermag dann anhaltende Beugungen der Finger hervorzurufen. Ueber die verschiedenen Stellungen der Klumphand und die dabei vorzugsweise afficirten Muskeln (Flexores und Extensores carpi et digitorum und Palmaris longus) s. G. B. Günther: Das Handgelenk in mechanischer, anatomischer und chirurgischer Beziehung dargestellt. Mit Zeichnungen von J. Milde. Hamburg, 1841. 4. und Günther in Schmidt's Encyklopädie der gesammten Medicin. Bd. VI. Leipzig, 1842. 8. S. 343. 44.

867 Die Größe der Bogen, welche die mannichfaltigen Theile der oberen Extremität bei ihren Bewegungen beschreiben können, fallen sehr verschieden aus. In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten derselben, wie ich sie an Anderen und mir gefunden, bezeichnet. Die Zahlen beziehen sich auf die Maxima, welche bei einer bestimmten Bewegungsrichtung möglich sind. Mehrere unter einander gestellte Werthe bezeichnen die verschiedenen Resultate wiederholter Messungen. Zum Vergleich wurden auch die früheren, meistentheils übereinstimmenden Angaben von Krause[2]), sowie die Günther's[3]) hinzugefügt.

Theil.	Hauptbewegung.	Specielle Umstände.	Maximalgröße der möglicher Weise beschriebenen Bogen.		
			Krause.	Günther.	Ich.
Oberarm (Schultergelenk).	Elevation.	Vordere Seite des Körpers sowohl, als des Oberarmes nach vorn. Hebung der sonst steif bleibenden und ursprünglich gerade am Körper anliegenden oberen Extremität nach außen, oben und innen (über dem Kopf)	—	—	200° 196°
		Vordere Fläche des Körpers und Radialseite nach vorn. Hebung im Schultergelenke nach vorn, oben und hinten	—	—	196°
	Rückwärtsbewegung.	Vordere Fläche des Körpers und Radialseite des Armes nach vorn. Der letztere hängt gerade herab und steht daher auf dem Boden nicht ganz senkrecht, sondern ist etwas nach vorn geneigt. Bewegung nach hinten und oben	—	—	67°
		Die letztere bei ganz senkrecht herabhängendem Arme .	—	—	60°

[1]) Vergl. gegen das letztere Theile a. a. O. S. 295. 96. J. E. Malgaigne, Abhandlung der chirurgischen Anatomie und experimentalen Chirurgie. Uebersetzt von F. Reifs und J. Lichmann. Bd, II. Prag, 1842. 8. S. 399. 400.

[2]) Krause a. a. O. S. 468. 69. [3]) Günther, Handgelenk. S. 14–21.

Theil.	Haupt-bewegung.	Specielle Umstände.	Maximalgröße der möglicher Weise beschriebenen Bogen.		
			Krause.	Günther.	Ich.
	Senkrechte Kreisbewegung von hinten nach vorn.	Zuletzt genannte Stellung. Größtmögliche Kreisbewegung des Armes im Schultergelenke von hinten und oben nach vorn und dann nach oben und hinten .	—	—	256°
	Drehung.	Drehung bei horizontal ausgestrecktem Arme . . .	—	—	360°
Vorderarm (Ellenbogengelenk).	Beugung.	Möglichste Beugung u. Streckung des Vorderarmes gegen den Oberarm . . .	140°	—	141°
	Pronation.	Bogen zwischen möglichst starker Pronation und Supination des Vorderarmes allein, während das Carpalgelenk durch Anbinden der Hand an ein Brett unbeweglich gemacht worden .	—	—	85° 87° 90°
Hand (Handgelenk).	Beugung.	Bogen zwischen gerader möglichster Beugung und Streckung	120°-145°	140°	165°
		Beugung aus der horizontalen Lage nach unten und hinten	65°—90°	60°	107°
		Streckung aus der horizontalen Lage nach oben . .	55°	80°	52° 56° 58°
	Rückenbewegung.	Bogen von der größtmöglichen Biegung der flach aufgelegten, nach der Radialseite gewendeten Hand nach der Ulnarseite	75°	73°	80°
	Adduction.	Biegung der flach aufgelegten und gerade ausgestreckten Hand nach der Ulnarseite	35°	40°	40°
	Abduction.	Biegung der flach aufgelegten und gerade ausgestreckten Hand nach der Radialseite	40°	33°	40°
	Pronation.	Größtmögliche Pronation und Maximum der Supination unter Beihilfe des Handgelenkes des Vorderarmes und des Oberarmes, bei horizontal gestreckter oberer Extremität	405°	310°	405° 407° 415° 424°
		Unter denselben Verhältnissen Pronation allein . . .	225°	—	160° 205° 212° 215°
		Unter denselben Verhältnissen Supination allein . . .	180°	—	209° 235° 255° 255°

Theil.	Haupt-bewegung.	Specielle Umstände.	Maximalgröße der möglicher Weise beschriebenen Bogen.		
			Krause.	Günther.	Ich.
		Größtmögliche Pronation und Supination bei fixirtem Oberarme und an die Brust angedrücktem Ellenbogengelenke	—	180°	135° 160°
Daumen.	Drehung.	Drehung des unteren Endes des Metacarpusknochens.	—	—	360°
	Bewegung nach außen.	Flach aufgelegte Hand. Der Daumen an den Zeigefinger aufgelegt und dann möglichst stark abducirt	—	—	86°
	Beugung der ersten Phalanx.	Die Handfläche flach aufgelegt. Die Finger schweben. Möglichste Streckung des ersten Daumengliedes nach außen und Beugung nach innen gegen die Handfläche .	—	—	95°
	Beugung der zweiten Phalanx	Flach aufgelegte Hand . .	—	—	90° 105° 110°
Finger.	Beugung des ersten Gliedes.	— — —	90°	—	90°
	Beugung des zweiten Gliedes	— — —	120°	—	120°
	Beugung des dritten Gliedes	— — —	90°	—	90°
	Abduction und Adduction des Zeigefingers.	Bei ganz flach aufgelegter Hand	—	—	45° 52°
	Desgl. des Mittelfingers.	Desgl.	—	—	30° 40° 42°
	Desgl. des Ringfingers.	Desgl.	—	—	36°
	Desgl. des kleinen Fingers.	Desgl.	—	—	45° 52°

Wir können daher als durchschnittliche Werthe annehmen, daß der senkrecht herabhängende Oberarm um $\frac{5}{9}$ von vier Rechten gehoben und um $\frac{1}{6}$ von 360° nach hinten geführt zu werden vermag. Die Biegung des Vorderarmes beträgt $\frac{7}{18}$, die Pronation desselben allein $\frac{1}{4}$, die Flexion der Hand $\frac{1}{4}$ — $\frac{7}{24}$, die Streckung $\frac{1}{6}$, die Seitenbewegung $\frac{1}{5}$ — $\frac{2}{9}$, die Abduction $\frac{1}{9}$, die Adduction $\frac{1}{9}$ und die Pronation unter Betheiligung der Hand, des Vorderarmes und des Oberarmes $1\frac{1}{9}$ bis $1\frac{1}{6}$ von vier Rechten. Die vollständige Abduction oder Flexion der beiden Glieder des Daumens, die Beugung des ersten und dritten Gliedes der Finger gleicht ungefähr $\frac{1}{4}$, die des zweiten Gliedes derselben $\frac{1}{3}$ jenes Grundwerthes. Ist die Hand flach aufgelegt, so können der Zeigefinger und der

kleine Finger um circa 1/7, die beiden Mittelfinger dagegen um etwa 1/10 von 360° nach beiden Seiten hin gedreht werden.

Die Methode, deren ich mich zur Bestimmung der obigen Winkel bediente, war die, daß an jedem beweglichen Theile eine fixe Stelle bestimmt wurde, die man an einer Tafel oder einem Blatte durch einen Punkt bezeichnete. Während der Drehung wurde ein zweiter und hierauf der Endpunkt der Bewegung angegeben. Indem man dann nach beiden Seiten einander durchkreuzende Bogen von denselben Radien schlug und die Durchschnittspunkte durch gerade Linien verband, ergab sich der Mittelpunkt, und durch Ziehen von Halbmessern nach den beiden Enden die Größe des Winkels. Bei Theilen, welche wie z. B. der im Schultergelenke bewegte Oberarm keine vollkommenen Kreisbogen beschreiben, wurde der zweite Bestimmungspunkt nahe am Anfange der Excursion genommen.

Das Becken bildet mit dem unbeweglichen Heiligbeine einen festen 868
Ring, auf dem der Oberkörper ruht und der selbst wieder auf den Schenkelbeinen lastet. Zu diesem Zwecke wird die faserknorpelige Vereinigung des Kreuzbeines mit den Darmbeinen, die Symphysis sacro-iliaca, die an und für sich bei stärkerem Drucke nachgeben und wackeln würde, durch die Ligamenta sacro-iliaca vaga anteriora und posteriora und die Ligamenta ilio-sacra postica longa und brevia verstärkt. Accessorisch kommen dann noch von den Querfortsätzen des fünften Lendenwirbels die Ligamenta ileo-lumbalia superiora und inferiora hinzu. Auf gleiche Weise wird die gegenüberstehende lockere Verbindung, die Symphysis pubis, durch das Ligamentum arcuatum superius unterstützt und das Ligamentum arcuatum inferius vervollständigt. Endlich dienen noch die von dem Kreuzbeine und dem Steißbeine nach den Sitzbeinen kreuzweise sich hinüberziehenden Ligamenta tuberoso-sacra und spinoso-sacra als feste Anzugsbänder, welche zwar etwas nachgeben können, jede zu bedeutende Erweiterung der unmittelbar über dem Beckenausgange gelegenen Höhlung aber verbieten. Das auf diese Art befestigte Becken befindet sich bei aufrechter Stellung keineswegs senkrecht, sondern ist dann schief an der Verticalen der Wirbelsäule aufgehängt. Es geht daher auch nicht der Ebene des Fußbodens parallel, es bildet vielmehr ebenfalls eine erhebliche Neigung gegen dieselbe. Nach Naegelé beträgt der Winkel zwischen dem oberen Beckendurchmesser und dem horizontalen Fußboden bei der Frau 60°; folglich mit der Senkrechten der Wirbelsäule 150°. W. und Ed. Weber[1]) erhielten bei vier erwachsenen männlichen und weiblichen Becken 60°,30′ bis 65°, im Mittel 63°,15′ und bei drei unausgewachsenen 61° bis 69°, im Durchschnitt 64°,40′. Für die Neigung des unteren Beckendurchmessers mit dem Fußboden fanden Naegelé 11° und W. und Ed. Weber[2]) in 15 an Lebenden gemachten Bestimmungen 6°,45′ bis 27°,18″, im Mittel 16°,51′. Man kann hiernach annehmen, daß der obere Durchmesser des Beckens erwachsener gesunder und aufrecht stehender Menschen mit der Senkrechten der Wirbelsäule einen Winkel von 150° bis 159°, der untere dagegen einen solchen von 96°,45′ bis 117°,18″ bildet.

Es ergiebt sich von selbst, daß für die Bewegungen des Körpers die Symphysis sacro-iliaca mit ihrem Bandapparate weit wichtiger ist, als die Schaambeinsymphyse mit

1) a. a. O. S. 129. 2) a. a. O. S. 126.

dem ihrigen. Nach Zerstörung der ersteren wird daher auch das freie Stehen unmöglich, während dieses, wie der Prolapsus vesicae urinariae universae lehrt, bei der Symphysis pubis nicht der Fall ist. Individuen der Art stehen sicher, zeichnen sich aber durch einen seitlich schwankenden Gang aus.

869 Die eigenthümliche Einrichtung des Hüftgelenkes erklärt sich größtentheils, sobald wir nur berücksichtigen, daß die Last des Rumpfes bei dem Stehen, Gehen u. dgl. auf demselben ruhen muß und daß anderseits ein beschränktes Maaß freier Beweglichkeit herzustellen war, wenn die mannichfaltigen Zwecke der unteren Extremitäten erfüllt werden sollten. Wir haben daher hier ein sehr vollkommenes Nußgelenk. Die Oberfläche der Pfannenvertiefung sowohl als die der Convexität des Schenkelkopfes bilden mit Ausnahme zweier Stellen vollständige Kugelflächen. An der Pfanne weicht hiervon bloß die Fossa acetabuli mit ihrem Ausläufer, der Incisusa acetabuli, an dem Oberschenkelkopfe die Fossa capitis ossis femoris ab. Beide sind vorzugsweise für die Aufnahme des bald zu erwähnenden runden Bandes bestimmt. Die Halbmesser der Kugelflächen differiren von einander, wenn man die beiderseitigen Knorpelüberzüge hinzurechnet, nur um ein Minimum, so daß höchstens ein Zwischenraum für eine dünne Schicht Synovia übrig bleibt. Die Halbkugel der Pfanne wird dann noch durch einen nachgiebigeren Knorpelring, das Labrum cartilagineum, vervollständigt. Das letztere ist biegsam genug, um zum Theil bei verschiedenen Stellungen der Extremitäten, sobald die Last der oberen Körpertheile auf ihnen ruht, nachzugeben, besitzt aber anderseits eine hinreichende Festigkeit, damit die Pfanne in jedem Falle den Schenkelkopf in einer bedeutenden Ausdehnung umschließe und die benachbarten Weichgebilde nicht in die Höhle des Acetabulum eindringen können. Daher wurde auch seine Thätigkeit mit der eines Ventiles verglichen [1]. Da aber der Schenkelkopf schon ohnedies durch den äußeren Luftdruck am Becken angehalten wird, so brauchte nicht der concave Theil des Gelenkes oder der Pfanne die Größe einer Halbkugel oder eines Bogens von 180° zu überschreiten, um jenen in sich zu fixiren. Daß durch Vermeidung eines solchen Uebelstandes an Beweglichkeit gewonnen wurde, versteht sich von selbst.

870 Während die Synovialmembran des Hüftgelenkes hier, wie überall, die unerläßliche Gelenkschmiere liefert, zeigt die Kapselmembran mehrere Eigenthümlichkeiten. An einzelnen Stellen nämlich wird sie durch accessorische Faserschichten in sehr bedeutendem Maaße verstärkt. Von der Spina anterior inferior ossis ilei geht ein Ringband, die Zona orbicularis, um den Schenkelkopf herum, empfängt noch zwei Verstärkungsbündel vom Pfannenrande und dient vorzugsweise dazu, das Caput femoris und die Pfanne bei starken Streckungen der unteren Extremität dichter an einander zu pressen. Nicht minder eigenthümlich sind zwei andere Bandapparate, welche zur Festigkeit des Hüftgelenkes wesentlich beitragen. Da sie seitlich liegen und nach außen nur von Weichgebilden bedeckt sind, so hat die Last des Oberkörpers, wenn sie auf den Schenkelköpfen ruht, das Bestreben, diese

---

[1]) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 135.

nach außen zu treiben und von dem Becken zu entfernen. Um einer solchen nachtheiligen Wirkung entgegenzuarbeiten und die Muskeln der Aufgabe zu entheben, diese Thätigkeit zu übernehmen, dient das sogenannte Ligamentum superius oder eine überaus starke dreieckige, nach außen breiter werdende Fasermasse, welche von der Spina anterior inferior ossis ilei nach dem Zwischenraume zwischen dem Schenkelhalse, dem großen Rollhügel und der Linea intertrochanterica anterior hinabgeht. Es ist das dickste Band des Körpers und selbst noch an dünneren Stellen stärker als das Kniescheibenband oder die Achillessehne (W. u. Ed. Weber)[1]. Es tritt dem nach unten und hinten wirkenden Druck und einer in dieser Beziehung möglichen Verschiebung entgegen. Ein anderes Band, das Ligamentum teres, erstreckt sich von der Kopfgrube des Schenkelbeines nach dem durch Fett ausgepolsterten Pfannenausschnitte und bildet bei aufrechter Stellung einen senkrechten Bogen (W. und Ed. Weber)[2]. Man sieht leicht, daß auch durch diese Einrichtung der Zug des Oberschenkels nach oben verhindert werden muß. Keineswegs aber dient etwa das runde Band dazu, den Kopf des Femur in der Pfanne aufrecht zu erhalten. Beide Bänder beschränken zugleich die Adduction der Schenkel, sobald das Hüftgelenk gestreckt ist, gestatten aber, wenn dieses nicht Statt findet, eine größere Annäherung und Durchkreuzung beider Füße. Hierdurch machen sie das Gehen möglich, weil wir sonst, wie sich in der Folge ergeben wird, bei dem Emporheben des einen Fußes nach der Seite desselben hin umfallen müßten.

Die Normalverhältnisse setzen voraus, daß beide Hüftgelenke in derselben Höhe stehen. Befindet sich dagegen das eine nicht in demselben Niveau wie das andere, so muß eine Verkürzung derjenigen Extremität, deren Pfanne höher liegt, resultiren. Wir sehen daher auch häufig, daß z. B. rhachitische oder buckelige Personen mit ungleich verbogenem Becken lahm gehen, ohne daß der Grund ihres Hinkens unmittelbar in ihren Extremitäten liegt. In den letzten Stadien der Coxarthrocace, wo der Schenkelkopf ausgerenkt und auf die Außenfläche des Darmbeines geschoben wird, reibt sich dieser allmählig ab und glättet sich eine unvollständige Pfanne aus, die sich noch bisweilen durch Knochenablagerungen in der Umgebung ergänzt. Der Schenkelhals wird häufig kürzer, die Trochanteren ebener. Ueberhaupt entstehen mannichfaltige Veränderungen, je nachdem das Glied passender oder stärker gebraucht wird, oder nicht. Da aber auch hier das neue Gelenk bedeutend höher als das gesunde steht, so muß auch die kranke Extremität dergestalt verkürzt sein, daß sie kaum mit den Zehenspitzen den Fußboden zu berühren vermag, oder selbst dieses nicht auszuführen im Stande ist.

Die ersten Erscheinungen des freiwilligen Hinkens charakterisiren sich dadurch, daß die kranke Extremität nicht, wie später, nach geschehener Ausrenkung aus der Pfanne verkürzt, sondern verlängert ist, d. h. daß der Abstand der Crista anterior superior ossis ilei von der Ferse an der leidenden Seite größer ausfällt als an der gesunden. Neuere Schriftsteller (W. und Ed. Weber[3]), Gaedechens) haben dieses mit dem luftdichten Verschlusse des Hüftgelenkes in Beziehung gebracht. Häuft sich nämlich zwischen der Concavität der Pfanne und der Convexität des Schenkelkopfes mehr Synovia oder eine andere Ausschwitzungsflüssigkeit in bedeutenderem Maaße an, so muß dieser herabgedrängt und die Extremität verlängert werden. Im Anfange tritt daher auch das Zeichen mehr bei dem Liegen als bei dem Stehen hervor. Mittel, welche die Aufsaugung befördern oder die Muskeln zu energischeren krampfhaften Zusammenziehungen

---

[1]) W. und Ed. Weber a. a. O. S. 139. [2]) a. a. O. S. 145 Taf. II. Fig. 1.
[3]) a. a. O. S. 154.

anregen, können zur Milderung oder Beseitigung solcher Verhältnisse beitragen. Es versteht sich übrigens von selbst, daß ein solches, durch die Erfahrungen der pathologischen Anatomie noch ferner zu prüfendes Theorem auf die übrigen luftdicht schließenden Gelenke übertragen zu werden vermag.

871 Die Muskeln, welche auf das Hüftgelenk wirken, haben häufiger als andere Muskeln die Gelegenheit, in doppelter Richtung ihrer Thätigkeit aufzutreten; einerseits nämlich bei fixirten Oberschenkeln das Becken und mit diesem den Oberkörper, wie z. B. bei dem Stehen, Bücken, Sitzen u. dgl. zu wenden oder anderseits von dem Becken aus auf den Oberschenkel selbst ihren Einfluß auszuüben. Bei einer großen Zahl von ihnen wird die Vielseitigkeit ihrer Wirkung noch dadurch vergrößert, daß sie am Becken entspringen und sich bis zum Unterschenkel erstrecken. Sie arbeiten daher unmittelbar für den Rumpf und nicht nur für ein, sondern zwei Glieder der Beine. In diese Kategorie gehören der Rectus femoris, Semitendinosus, Semimembranosus, der lange Kopf des Biceps femoris, der Sartorius und der Gracilis.

872 Bei irgendwie fixirten Oberschenkeln kann das Becken und mit ihm der Rumpf nach vorn gebeugt, nach hinten gestreckt, nach der einen Seite geneigt oder adducirt, oder so nach innen gedreht werden, daß sich diejenige Seite, an welcher die Einwärtsroller thätig sind, nach vorn und zum Theil nach innen, die entgegengesetzte aber nach hinten und außen wendet. Die Beugung erfolgt vorzugsweise durch den sogenannten Flexor femoris, d. h. durch den Psoas major und Iliacus internus, welche beiden Muskeln noch durch den Rectus femoris, den Pectineus, den Adductor longus und brevis, sowie den obern Theil des Adductor magnus und den Sartorius, vielleicht selbst durch den Tensor fasciae latae und sogar in Einzelfällen durch den Glutaeus minimus und medius unterstützt werden können. Die Streckung besorgen die Glutaei maximus und medius und zum Theil der minimus, welchen noch der untere Theil des Adductor magnus, der Semitendinosus, Semimembranosus, der lange Kopf des Biceps femoris und zum Theil der Iliacus externus s. Piriformis, der Quadratus femoris und Obturator internus helfen können. Die rein seitliche Neigung des Beckens besorgen die Musculi Glutaeus medius und minimus und der Obturator externus. Wird zu gleicher Zeit der Rippenkorb derselben Seite herabgezogen und die Bauchwand concav gemacht, so betheiligen sich hierbei der Quadratus lumborum, die Obliqui adscendens und descendens und zum Theil der Transversus und Rectus abdominis. Dreht sich der Oberkörper, so ziehen sich an derjenigen Seite, welche nach vorn und innen gebracht wird, der Glutaeus maximus, die Gemelli, der Piriformis, Obturator internus, Quadratus femoris und vielleicht der Innentheil des Iliacus internus, die obere Parthie des Adductor magnus und der Sartorius, an der entgegengesetzten aber die vordere Parthie des Glutaeus medius, der Obturator internus, Pectineus und Adductores longus und brevis zusammen.

873 Bildet das Becken den festen Punkt, so beugt sich der Oberschenkel durch den Psoas major und Iliacus internus. Hierbei können sich aber

noch die Adductores longus und brevis, die obere Portion des Adductor magnus, der Pectineus und zum Theil der Sartorius, Rectus femoris und Tensor fasciae latae betheiligen. Die Strecker des Hüftgelenkes bilden die Glutaei und zwar vorzüglich der Glutaeus maximus. Als mitwirkende Muskeln vermögen hier der Obturator internus, das Caput longum Bicipitis, der Semitendinosus, Semimembranosus und Gracilis zu erscheinen. Die Adductores femoris longus, brevis und magnus, der Pectineus und Obturator internus, sowie zum Theil die untere Parthie des Glutaeus maximus ziehen den Schenkel gerade nach innen, der ganze Glutaeus maximus oder nur der obere Theil desselben, die Glutaei medius und minimus, der Tensor fasciae latae und zum Theil der Piriformis dagegen nach außen. Als Einwärtsroller arbeiten der vordere Theil des Glutaeus medius und der Tensor fasciae latae, als Auswärtsroller die Obturatores internus und externus, der Quadratus femoris, die Gemelli, der Piriformis, sowie die Glutaei minimus und maximus und der hintere Theil des Glutaeus medius. Bei dem Ueberschlagen eines Oberschenkels über den anderen oder des Kniegelenkes desselben combiniren sich die Thätigkeiten der vorzüglichsten Beuger, nämlich des Psoas major und Iliacus internus mit denen der Anzieher, d. h. der drei Adductoren, des Pectineus und Obturator internus und vielleicht auch des Sartorius und Gracilis.

Das Kniegelenk ist zwar ebenfalls zur Beugung und Streckung, so- 874
wie zur Pronation und Supination geeignet. Allein während diese beiderlei Bewegungen an der Hand gleichzeitig eintreten können, beobachten sie hier ein gewisses umgekehrtes Verhältniß. Sowie nämlich die Streckung einen bedeutenderen Grad erreicht, hört die Drehung auf, und umgekehrt ist diese um so eher gestattet, je mehr sich das Knie in starker Flexion befindet. Die Zurücksetzung der Rotation auf Kosten der Extension aber hängt mit der Thätigkeit des Beines, als Stütze zu dienen, innig zusammen. Soll diese eine hinreichende Festigkeit darbieten, so darf das Kniegelenk weder nach rechts, noch nach links ausweichen. Jede Seitenbewegung bedingte eine Unsicherheit der Stellung. Ist dagegen die Extremität minder belastet und daher auch nicht vollständig gestreckt, so vermag der Unterschenkel ebenfalls des Vortheils zu genießen, sich in beschränktem Maaße seitlich zu wenden. Jener eigenthümlichen Stützfunction des Beines wegen bildet auch die starke Tibia den Pfeiler, der sowohl am Knie- als am Fußgelenke den eingelenkten Theil darstellt.

Keine der Bewegungen des Kniegelenkes wird durch die Kapselmem- 875
bran irgendwie bestimmt oder beschränkt. Dagegen stehen die Seitenbänder und die Kreuzbänder in einem genauen gegenseitigen Verhältnisse. Bei gestreckter Lage vollführen die Ligamenta lateralia vorzugsweise die Hemmung. Die Kreuzbänder dagegen beschränken dieselbe nur in geringem Grade. Schneidet man die letzteren durch, so nimmt zwar die Streckung noch etwas zu; das Glied bleibt aber bei seiner Extension noch fast eben so fest, als es früher war, schlottert dagegen bei der Flexion. Das umgekehrte Resultat erhält man nach Trennung der Seitenbänder bei Inte-

grität der Kreuzbänder. Hier behält das Gelenk seine Stellung in gebogener, verliert sie aber in gestreckter Lage (W. u. Ed. Weber)[1].

Bei stärkster Extension, wenn Ober- und Unterschenkel senkrecht über einander stehen, sind die beiden Seitenbänder wie Anzugsseile straff angespannt. Sie verhindern daher jede Drehung. In der Flexion dagegen erschlaffen sie, und zwar in ungleichem Maaße, so daß das Ligamentum laterale internum straffer bleibt als das externum. Es kann sich auf diese Weise der Condylus externus um den Condylus internus in beschränktem Maaße drehen. Die Pronation und Supination wird daher auf solche Art möglich. Jene ungleiche Thätigkeit der Seitenbänder aber harmonirt zugleich mit den Verhältnissen der Kreuzbänder. Hat man nämlich an einem Kniegelenke die Kapselmembran nebst den Seitenbändern entfernt, so sieht man, daß die Rotation nach außen, gegen die Seite der Fibula hin schon durch die Kreuzbänder selbst und zwar zuerst durch das vordere und unmittelbar darauf auch durch das hintere beschränkt wird. Dreht man dagegen die Tibia nach innen, so wickeln sich die Kreuzbänder ab, verlieren ihre Decussation und hemmen erst dann, wenn der innere Condylus des Oberschenkels auf dem hintern Theile der äußeren Gelenkvertiefung des Tibia ruht, d. h. wenn ungefähr ein Bogen von 110° oder 120° beschrieben worden. Es muß daher das Ligamentum laterale internum selbst bei der Beugung früher eingreifen, um die stärkere sonst mögliche Rotation nach innen zu reguliren, während dasselbe für die Drehung nach außen schon von selbst durch die Kreuzbänder geschieht. Die letzteren aber schreiben den Condylen des Oberschenkels sowohl bei der Beugung als der Streckung den Weg vor und zwingen den inneren auf der inneren Gelenkvertiefung des Tibia zu schleifen, den äußeren auf dem äußeren Condylus Tibiae zu rollen (W. u. Ed. Weber). Die halbmondförmigen Knorpel folgen den Bewegungen der Oberschenkel und wirken als elastische Einlageplatten, welche den Druck vertheilen und mildern und gleich einer Preßfeder das Wackeln der Knochen verhindern. Die Kniescheibe endlich bildet einen knöchernen verschiebbaren Deckel, welcher das Kniegelenk von vorn schützt und es befähigt, auch von hier aus bedeutendere Druckgrade auszuhalten.

876 Ist der Oberschenkel befestigt, der Unterschenkel dagegen frei beweglich, so kommt die Beugung des ersteren durch den Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus und Popliteus, sowie vielleicht auch den Sartorius, die Streckung dagegen durch den Rectus femoris, die Vasti internus und externus und Cruralis (und ebenfalls vielleicht den Sartorius (Theile)[2]) zu Stande. Semitendinosus (Sartorius), Gracilis und Popliteus drehen den Unterschenkel nach innen, der Biceps femoris dagegen nach außen. Steht der Fuß fest und wird die Ferse bewegt, insbesondere emporgehoben, so flectiren die beiden Köpfe des Gastrocnemius den Oberschenkel.

877 Der Fuß kann zwar ebenfalls gegen den Unterschenkel gebeugt und gestreckt, adducirt und abducirt und zum Theil gedreht werden; allein

[1]) a. a. O. S. 179. [2]) Theile a. a. O. S. 323.

diese verschiedenartigen Bewegungen vertheilen sich hier auf mehrere Gelenke. Das Sprungbein liegt zwischen dem innern Knöchel der Tibia und dem äußern der Fibula eingekeilt, so daß hierdurch jede Seitenbewegung größtentheils gehemmt ist. Dagegen spielt die Concavität des Schienbeines auf der entsprechenden Convexität des Talus ganz frei von vorn nach hinten, so daß hierdurch die Flexion und Extension zu Stande zu kommen vermag. Indem aber der äußere Knöchel tiefer hinabsteigt als der innere und das von dem Malleolus internus ausgehende Ligamentum deltoides s. laterale internum schlaffer, als die Ligamenta talo-fibularia anterius und posterius mit dem dazwischen liegenden am Calcaneus auslaufenden Ligamentum triquetrum ist, wird auch eine geringe Drehung nach innen möglich gemacht. Der Talus geht dabei bei der Einwärtsrollung mit seinem Innenrande etwas nach innen und hinten. Die Adduction und Abduction dagegen kommt, vorzüglich wenn das Sprungbein auf dem Fersenbeine z. B. durch die Last des Körpers bei dem Stehen festgestemmt ist, durch die Gelenkverbindung des Talus mit dem Os naviculare und des Calcaneus mit dem Os cuboideum zu Stande. Diese Verschiebung vermag sich mit der schwächeren im Sprungbein-Knöchelgelenke zu summiren und schon so bedeutender auszufallen. Sie wird aber dadurch vergrößert, daß die übrigen Fußwurzel-, die Metacarpus- und die Zehenknochen als angesetzte Radien den Ausschlag erhöhen. Bei der Drehung des Fußes um seine Längenachse, so daß der äußere Fußrand emporgehoben wird, betheiligen sich das Gelenk zwischen Talus und Calcaneus mit einer geringen und vielleicht selbst nicht immer erforderlichen horizontalen Verschiebung, insbesondere aber die Verbindung zwischen dem Sprungbeine und dem Kahnbeine und die zwischen dem Fersenbeine und dem Würfelbeine, indem sie von unten und außen nach oben und innen gegen einander gleiten. Bei großer Beweglichkeit wird auch noch eine Mitwirkung der Articulation zwischen dem Os naviculare und den Ossibus cuneiformibus angenommen [1]).

Die Fußwurzelknochen bilden mit den Mittelfußknochen ein nach au- 878
ßen niedrigeres, nach innen höheres Gewölbe, in dessen Concavität die verschiedenen Bänder, Sehnen und Muskeln sowohl ihren Platz, als ihren Schutz finden. Diese Einrichtung gewährt überdies noch den wesentlichen Nebenvortheil, daß der Fuß bei dem Stehen mit einer bedeutenden Menge von Punkten den Boden berühren und auf diese Weise die Grundbedingung einer festen Stellung, die Reibung vergrößern kann, ohne zugleich an Federkraft zu verlieren. Der äußere kleinere Bogen, welcher den Calcaneus, das Os cuboideum und die Muskelfußknochen der vierten und fünften Zehe umfaßt, wird unten vorzüglich durch die Ligamenta calcaneo-cuboideum und Calcaneo-metatarseum (den Außenrand der Fascia plantaris), der größere dagegen durch die übrigen Ligamenta tarso-metatarsea plantaria zusammengehalten. Während auf diese Weise der Tarsus und der Metatarsus ein Ganzes bilden, befinden sich zwischen den

[1]) Krause a. a. O. S. 343.

Metatarsusknochen und den ersten Zehengelenken Arthrodien, von denen die beiden äußersten, welche der vierten und fünften Zehe angehören, die größte Beweglichkeit besitzen [1]). Hierdurch kann der Fußballen in bedeutendem Maaße gehoben werden, ohne daß sich hierbei die Zehen selbst zu betheiligen brauchen. Die letzteren aber besitzen in ihren Phalangen die gleiche Beweglichkeit wie die Finger. Obgleich sie nur ausnahmsweise zum Greifen dienen (§. 46), so gewährt ihnen doch diese Einrichtung den Vortheil, daß sie sich mit sehr vielen Punkten an den Boden anschmiegen können. Da der auf dem Ballen erhobene Fuß seinen Hauptstützpunkt innen hat, so sind nicht nur der Metatarsus- und die Phalangenknochen der großen Zehe viel stärker, sondern es existiren auch an dem Köpfchen dieses Metatarsusknochens zwei Sesambeinchen, zwischen denen die Sehne des Flexor hallucis hindurchgeht, sowie ein drittes am Ende des ersten Gliedes der großen Zehe. Diese bilden unabhängige Unterlagsstücke, welche die Reibung und Fixation des Fußes am Boden vergrößern. Aehnliche Zwecke hat das an den Tuberosis ossis cuboidei vorhandene accessorische Sesamstückchen.

879 Schwebt der Fuß frei, so wird derselbe durch den Tibialis anticus und den Peroneus tertius mit oder ohne die Unterstützung des Extensor digitorum pedis communis und des Extensor hallucis longus gebeugt und durch den Gastrocnemius, Soleus, Plantaris, mit oder ohne Beihülfe des Tibialis posticus, Peroneus longus und brevis und Flexor hallucis longus gestreckt. Steht er dagegen fest, indem die Last des Körpers theilweise oder gänzlich auf ihm ruht, so neigen die genannten Flexoren den Unterschenkel nach vorn und unten, während ihn die Extensoren wieder gerade nach hinten und oben stellen. Nur der Gastrocnemius, der mit seinen beiden Köpfen über zwei Gelenke hinweggeht, beugt zugleich, wie schon erwähnt wurde, den Oberschenkel. Die Adduction des Fußes versieht der Tibialis posticus, die Abduction dagegen besorgen die Peronei longus und brevis durch ihre gemeinsame Thätigkeit. Als Pronatoren, so daß der innere Fußrand nach innen und oben gestellt wird, arbeiten die Tibiales anticus und posticus, als Supinatoren die drei Peronei, nämlich der longus, brevis und tertius. Der äußere Fußrand steigt hierbei mehr oder minder empor, während sich der innere senkt. Auf die letztere Bewegung übt vorzüglich der lange Wadenbeinmuskel einen bedeutenden Einfluß aus. Der Transversalis plantae kann der Abplattung des Fußes z. B. bei zu langem Stehen entgegenwirken.

880 Die Beugung des ersten Gliedes der großen Zehe besorgt der Flexor hallucis brevis mit oder ohne die Zusammenziehung des Adductor hallucis. Jedoch kann diese auch secundär durch die Thätigkeit des Flexor hallucis longus, welcher auf beide Glieder wirkt und zugleich die zweite Zehe zum Theil nach sich zieht, eintreten. Den Antagonisten bildet hierbei der Extensor hallucis longus. Die Adduction besorgt der Adductor, die Abduction der Abductor hallucis. Die ersten Glieder der vier

---

[1]) W. und Ed. Weber a. a. O. S. 212.

äußeren Zehen werden durch die Lumbricales, die zweiten durch den Flexor digitorum communis brevis, und die äußersten durch den Flexor communis digitorum longus nebst der Caro quadrata Sylvii gebeugt. Entgegengesetzt wirken dann die Extensores digitorum longus und brevis. Die besondere Beugung der kleinen Zehe können noch der Abductor und und der Flexor brevis digiti quinti übernehmen. Während aber der erstere Muskel zugleich als Abzieher wirkt, besteht die vorzüglichste Thätigkeit des letzteren darin, den entsprechenden Theil des äußeren Fußrandes nach unten und innen zu ziehen. Die Adduction der zweiten Zehe besorgt der Interosseus internus s. simplex primus, die der dritten der Interosseus internus secundus, die der vierten der Interosseus internus tertius und die der kleinen Zehen der Interosseus internus quartus. Die Abduction der zweiten Zehe dagegen versieht der Interosseus externus s. biceps primus, die der dritten der Interosseus externus secundus, die der vierten der Interosseus externus tertius und die der kleinen Zehe der Abductor digiti minimi, welchen letztern Muskel der Peroneus brevis noch unterstützen kann.

Um die Uebersicht der Muskelwirkungen, welche bei den verschiedenen Stellungen sowohl gesunder unterer Extremitäten, als verkrümmter oder sonst kranker in Anspruch genommen werden, folgt hier wiederum eine ähnlich eingerichtete Uebersichtstabelle, wie die ist, welche §. 866 für den Arm gegeben worden.

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Antagonisten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
Becken.	Psoas major und Iliacus internus. (Rectus femoris, Pectineus, Adductor longus und brevis, oberer Theil des Adductor magnus, Sartorius.) (Tensor fasciae latae.) (Glutaeus minimus und medius.)	Beugung.	Glutaei maximus, medius und zum Theil minimus. (Unterer Theil des Adductor magnus, Semitendinosus, Semimembranosus, Caput longum Bicipitis.) (Piriformis s. Iliacus externus, Quadratus femoris, Obturator internus.)
	Glutaei medius und minimus und Obturator externus. (Quadratus lumborum, Obliqui abdominis descendens und adscendens, Transversus und Rectus abdominis.)	Seitliche Neigung.	
	Glutaeus maximus, Gemelli, Piriformis, Obturator internus und Quadratus femoris (Innentheil des Iliacus internus, obere Parthie des Adductor magnus und Sartorius.) der einen Extremität.	Drehung nach vorn und innen.	Glutaeus medius, Obturator internus und Adductores longus und brevis der entgegengesetzten Extremität.
Oberschenkel.	Psoas major und Iliacus internus. (Adductores longus und brevis, obere Por-	Beugung.	Glutaei, vorzüglich der Glutaeus maximus, Obturator internus, Caput longum Bicipi-

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Antagonisten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
	tion des Adductor magnus, Pectineus.) (Sartorius, Rectus femoris, Tensor fasciae latae.)		tis, Semitendinosus, Semimembranosus, Gracilis.
	Adductores femoris longus, brevis und magnus, Pectinaeus, Obturator internus. (Untere Parthie des Glutaeus maximus.)	Adduction.	Obere Parthie des Glutaeus maximus oder der ganze Muskel, Glutaei medius und minimus, Tensor fasciae latae und zum Theil Piriformis.
	Vorderer Theil des Glutaeus medius, Tensor fasciae latae.	Drehung nach innen und vorn.	Obturatores internus und externus, Quadratus femoris, Gemelli, Piriformis, Glutaei maximus und minimus und hinterer Theil des Glutaeus medius.
Unterschenkel.	Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus, Popliteus. (Caput externum und internum Gastrocnemii.) (Sartorius.)	Beugung.	Rectus femoris, Vasti externus und internus, Cruralis (Sartorius).
	Semitendinosus, Gracilis, Popliteus. (Sartorius.)	Drehung nach innen oder Pronation.	Biceps femoris.
Fuß.	Tibialis anticus und Peroneus tertius. (Extensor digitorum pedis communis longus und Extensor hallucis longus.)	Beugung des beweglichen Fußes oder Zug des Unterschenkels nach vorn u. unten bei befestigtem Fuße.	Gastrocnemius, Soleus, Plantaris. (Tibialis posticus, Peroneus longus und brevis, Flexor hallucis longus und Flexor communis digitorum pedis longus.)
	Tibialis posticus.	Adduction.	Peroneus longus und brevis.
	Tibialis anticus und posticus.	Pronation u. Hebung des innern Fußrandes.	Peronei longus, brevis und tertius.
Große Zehe.	Flexor hallucis brevis oder Flexor hallucis longus. (Adductor hallucis.)	Beugung des ersten Gliedes.	Extensor hallucis longus und entsprechende Sehne des Extensor communis digitorum pedis brevis.
	Flexor hallucis longus.	Beugung beider Glieder.	
	Adductor hallucis.	Adduction.	Abductor hallucis.
Die vier äußeren Zehen.	Lumbricales. (Flexores digitorum communes longus und brevis.)	Beugung des ersten Gliedes.	Extensores digitorum communes longus und brevis.
	Flexor digitorum communis brevis. (Flexores digitorum communis longus.)	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis longus.	Beugung des dritten Gliedes	

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Antagonisten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
	Interosseus internus s. simplex I.	Adduction der zweiten Zehe.	Interosseus externus s. biceps I.
	Interosseus internus II.	Adduction der dritten Zehe.	Interosseus externus II.
	Interosseus internus III.	Adduction der vierten Zehe.	Interosseus externus III.
	Interosseus internus IV.	Adduction der kleinen Zehe.	Abductor digiti minimi (Peroneus brevis).
Kleine Zehe.	Wie bei den benachbarten drei Zehen und Abductor und Flexor digiti minimi brevis.	Beugung.	Wie bei den drei zunächst angrenzenden Zehen.

Auch hier kann dann noch bei den Verkrümmungen des Fußes die Plantaraponeurose von Einfluß werden. Bei der krankhaften Biegung des Oberschenkels im Hüftgelenke betheiligen sich vorzüglich der Psoas major und Iliacus internus und bisweilen der Rectus femoris, Sartorius und Pectineus, bei der hier selten vorkommenden pathologischen Adduction der Pectineus (Dieffenbach) [1]), bei der anchylotischen Streckung des Kniegelenkes der Rectus femoris, Vastus externus und internus und cruralis, bei der Biegung desselben der Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus (und Popliteus), bei der Verbiegung nach außen (Genu varum, Säbelbein) der Semitendinosus Gracilis (und Popliteus), bei der nach innen (Genu valgum, Schemelbein) der Biceps femoris, bei dem einfachen Pferde- oder Spitzfuße die an die Achillessehne sich heftenden Gastrocnemius und Soleus und der Plantaris, bei dem complicirten außerdem nach Verschiedenheit der Fälle die Tibiales, die Flexores digitorum, der Flexor hallucis longus, die Aponeurosis plantaris, bei dem Fersenklumpfuße (Talipes calcaneus) der Tibialis anticus, Extensor communis digitorum, Extensor hallucis longus und Peroneus tertius, bei dem einfachen Klumpfuße der Tibialis anticus und posticus (und die Sehnen des Flexor und Abductor hallucis), bei dem Talipes varo-equinus mehr oder minder vorzugsweise die Muskeln der Achillessehne, der Tibialis anticus und posticus, der Flexor brevis und Adductor hallucis, die Aponeurosis plantaris u. dgl., bei dem Valgus die Peronei, vorzüglich der longus und brevis, und bei dem Hohlfuße endlich der Tibialis posticus, Peroneus longus, Transversalis pedis, Abductor hallucis und die Aponeurosis plantaris. Siehe das Nähere bei Günther a. a. O., S. 335—365 und Dieffenbach a. a. O., S. 84 fgg.

Die Bogen, welche die einzelnen Theile der unteren Extremitäten 881
gegenseitig beschreiben können, weichen zum Theil auf eine sehr wesentliche Weise von denen der entsprechenden Parthien der Arme ab. Die wichtigsten hierbei sich ergebenden Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle nach den Untersuchungen von W. u. Ed. Weber, Krause und mir zusammengestellt. Die Angaben von mir beruhen auf Studien, welche am Hüftgelenke von lebenden Menschen, an dem Knie- und Fußgelenke dagegen an dem Leichname gemacht worden sind.

[1]) J. F. Dieffenbach: Ueber die Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Berlin, 1841. 8. S. 139. 285.

Theil.	Haupt-bewegung.	Nebenumstände.	Maximalgröße der möglicher Weise beschriebenen Bogen.		
			W. u. Ed. Weber.	Krause.	Ich.
Oberschenkel (Hüftgelenk).	Beugung und Streckung.	— — —	75° 5 96° 5 [1] an der Leiche 139° [2]	170–190°	165° 168° 177° 184°
	Beugung (nach vorn) allein.	Körper und Fuß im Anfange senkrecht auf dem horizontalen Fußboden.	—	130°	135°
	Streckung (nach hinten) allein.	Wie im vorigen Falle.	—	40—60°	42°
	Adduction und Abduction.	— — —	90°	80—120°	80—100°
	Adduction allein.	Gerade Bewegung des steifen Fußes nach innen, während die andere untere Extremität etwas nach hinten stand.	—	40—60°	40—50°
	Adduction.	Beide unteren Extremitäten, anfangs gerade neben einander.	—	40—60°	40—50°
	Drehung.	— — —	an der Leiche 51°	ungefähr 180°	175–190°
	Drehung nach innen.	Bei steifer Extremität an der großen Zehe gemessen.	—	etwas weniger als 90°	75° 80° 90°
	Drehung nach außen.	Wie im vorigen Falle.	—	90°	100°
Unterschenkel (Kniegelenk).	Beugung und Streckung.	— — —	156° 166° 172°	150°	130° 145°
	Beugung bis zur rechtwinkeligen Stellung zwischen Ober- u. Unterschenkel.	— — —	—	—	85° 90°
	Pronation und Supination.	Möglichst stark gegen den Oberschenkel gebeugter Unterschenkel.	25° 39° 44°	10—20°	35° 45°
	Drehung nach innen.	Wie im vorigen Falle.	—	—	15°
	Drehung nach außen.	Desgl.	—	—	20° 30°
Fuß (Fußgelenk).	Streckung und Beugung.	Bei vollkommen befestigtem Unterschenkel.	78°,2	70—75°	76°
	Streckung allein.	Desgl. die Fußspitze gerade nach unten und hinten, die Ferse nach vorn oben bewegt.	—	45—50°	42° 58°

1) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 111. 2) a. a. O. S. 147.

Theil.	Hauptbewegung.	Nebenumstände.	Maximalgröße der möglicher Weise beschriebenen Bogen.		
			W. u. Ed. Weber.	Krause.	Ich.
	Beugung allein.	Die Fußspitze nach oben, die Ferse nach unten bewegt.	—	25°	18°
	Adduction und Abduction.	Des Talus im gebogenen Fußgelenke.	—	4°	—
	Desgl.	Des ganzen Fußes (mit Pronation und Supination verbunden).	42°	55°	53°
	Adduction allein.	Mit Supination verbunden.	—	35°	—
	Abduction allein.	Mit Pronation verbunden.	—	20°	—
	Rotation.	Horizontale Drehung.	20°,5	—	—

Wir können hiernach annehmen, daß der Oberschenkel im Hüftgelenke um ungefähr zwei Rechte oder selbst etwas mehr gebeugt und gestreckt zu werden vermag. Hiervon kämen, wenn man die senkrechte Stellung als Ausgangspunkt annimmt, $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ auf die Beugung und $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ auf die Streckung. Er kann ungefähr um $\frac{1}{8}$ von vier Rechten adducirt und um eben so viel abducirt, um einen Rechten nach innen und etwa $\frac{1}{9}$ mehr nach außen gedreht werden. Die Beugung im Kniegelenke beträgt circa $\frac{2}{5}$ oder etwas mehr, die Drehung bei gebeugtem Knie $\frac{1}{8}$, die Beugung und Streckung des Fußes $\frac{1}{5}$ und die Adduction desselben $\frac{1}{7}$ eines ganzen Kreisbogens.

Wir sind im Stande, den ganzen Körper ungefähr um 190° nach 882
vorn, 140° nach hinten zu beugen und 180° nach jeder der beiden Seiten zu drehen. Bei der ersteren Bewegung betheiligen sich der Kopf und der Hals mit 75°, die Hüftgelenke mit 70° und die Fußgelenke mit 20°, während das Uebrige durch die Wirbelsäule ergänzt wird. Bei der seitlichen Drehung kommen 78° auf Kopf und Hals, 30° auf die Lenden- und Rückenwirbelsäule, 60° auf die Hüftgelenke und 12° auf die Kniegelenke (Krause)[1].

Gesammtbewegungen des Körpers. — Das Liegen er- 883
fordert gar keine oder verhältnißmäßig die geringste Anstrengung der Muskeln und der übrigen Weichgebilde des Menschen. Sobald alle aufliegenden Punkte von dem Kopfe bis zur Ferse unterstützt sind, ruht unser Organismus wie jeder todte Körper auf seiner Basis. Wir wählen daher solche Stellungen, wenn die Kräfte erlahmen und die Muskeln durch Erhohlung neue Kräfte sammeln sollen. Deshalb liegen wir, wenn wir krank sind, im Schlafe, bei dem Ausruhen des gesammten Körpers u. dgl. Hier haben die untersten Theile desselben den Druck der obern auszuhal-

[1]) Krause a. a. O. S. 469.

ten. Aus diesem Grunde wird uns jede anhaltende unbewegliche Lage nach und nach schmerzhaft. Aus derselben Ursache entsteht leicht ein Aufliegen des Gesäßes oder der Ferse bei Typhus und ähnlichen Leiden, bei Knochenbrüchen u. dgl., sobald besonders die übrigen Ernährungsverhältnisse solche krankhafte Geschwürsbildungen begünstigen.

884 Für die anderen Körperstellungen bilden die Verhältnisse des Schwerpunktes die Richtschnur. Der des ganzen erwachsenen Menschen fällt nach der Untersuchung von Borelli[1]) in die Gegend zwischen dem Gesäße und der Schaam, nach den Messungen von W. u. Ed. Weber[2]) aber richtiger etwas höher, nämlich bei einer Totallänge des lebenden Menschen von 1,669 Meter 8,77 Centimenter über der Drehungsachse des Hüftgelenkes, 9,477 Decimeter über der Ferse und 7,215 Decimeter unter dem Scheitel (§. 89). Das Gravitationscentrum des Kopfes, Rumpfes und der oberen Extremitäten liegt in dem Niveau des Schwertfortsatzes oder des unteren Endes des Brustbeines. Sind daher die oberen Theile weder nach der einen, noch nach der anderen Seite hin geneigt, sondern gerade und symmetrisch gestellt, so geht die Schwerlinie unseres Körpers durch das Becken. Bei dem Stehen berührt sie den Boden zwischen beiden Füßen oder die innere Hälfte desjenigen Fußes, welcher den größeren Theil der Körperlast trägt.

Wie man sieht, versetzt Borelli den Schwerpunkt des Gesammtkörpers etwas tiefer als W. und Ed. Weber. Um daher in Betreff dieser abweichenden Angaben ein eigenes Urtheil zu gewinnen, bestimmte ich an der theilweise noch warmen Leiche eines 34jährigen Faßbinders, der sich Tags zuvor erhenkt hatte, das Gravitationscentrum. Ich bediente mich hierbei der von Borelli und Weber zum Theil gebrauchten Methode, daß ein Brett in der Mitte auf der scharfen horizontalen Kante eines prismatischen Klotzes balancirend aufgelegt wurde. Auf ihm befand sich der Leichnam der Länge nach in vollkommen gestreckter Lage. Die Hände waren symmetrisch über dem Schaamberge zusammengebunden. Mittelst einer Linie bezeichnete man die senkrechte Horizontalebene, durch welche der höchste Punkt des Scheitels und eben so diejenige, durch welche die convexesten Stellen der beiden Fersen gingen. Der Unterstützungspflock wurde nun so lange verschoben, bis das Gleichgewicht hergestellt war, und alsdann die Linie, in welcher seine Kante das Brett berührte, bezeichnet. Hierauf wurde das Cadaver umgewendet, so daß die Horizontallinie des Scheitels auf die der Fersen traf und wiederum das Balancement gesucht. Man erhielt so eine zweite Bestimmung der dann Statt findenden Unterstützungsstelle und hatte, wenn man aus beiden das Mittel zog, einen Werth, der nicht durch die Ungleichheiten des Brettes unrichtig gemacht wurde.

Die Länge des ganzen Individuums, d. h. die Distanz der durch den höchsten Scheitelpunkt und die tiefsten Fersenpunkte gelegten Horizontalebenen glich 1,617 Meter. Die Entfernung des Schwerpunktes vom Kopfe betrug 694 und von den Fersen 923 Millimeter. Er fiel also ebenfalls bedeutend höher, als er nach Borelli's Angabe zu liegen kommen sollte und stimmte recht gut mit den Resultaten von W. u. Ed. Weber. Denn wir haben 1669,2 : 721,5 = 1617 : 698,94. Weber und ich differiren daher noch um keinen halben Centimeter. Dieser geringe Unterschied braucht nicht einmal von individuellen Verschiedenheiten herzurühren, sondern kann schon in der verschiedenartigen Füllung der Verdauungswerkzeuge seinen Grund haben. Dagegen weichen zwei andere von mir erhaltene Werthe von denen von Weber ab. 1) Erhielten diese Forscher für die Entfernung von der durch die beiden größeren Rollhügel gelegten Ebene 87,7 Millim.,

---

[1]) J. A. Borelli De motu animalium. Pars prima. Editio altera. Lugd. Bat., 1685. p. 167.

[2]) W. und Ed. Weber a. a. O. S. 115—117.

ich dagegen 111 Millim. 2) Bestimmte ich die Distanz von dem Promontorium auf doppelte Weise. Ich schlug in diejenige Stelle des letzten Lendenwirbels, in deren Ebene der Schwerpunkt fiel, zwei Nägel senkrecht ein. Nachdem nun der Unterleib geöffnet worden, wurde eine Horizontalebene mittelst eines steifen Drahtes herumgelegt und so die Distanz bestimmt, welche von der Mitte der Durchgangslinie des Drahtes nach der des Promontorium Statt fand. Bei der zweiten Bestimmung wurde von der Fußballenebene eine 923 Millimeter lange Linie gezogen und die Entfernung der letzteren vom Promontorium gemessen. Hierbei ergaben sich $17\frac{1}{2}$—18 Millimeter über dem letzteren. Wenn Gebrüder Weber nur 8,7 Millimeter angeben, so kann dieses theils in individuellen Verschiedenheiten, theils aber auch darin liegen, daß sie die Verhältnisse der lebenden Menschen auf die eines gleich großen Skelettes nach annähernden Bestimmungen übertrugen. Hierbei ist man gewiß vor Täuschungen nicht ganz sicher gestellt. Ueberdies aber können die Länge der Beine, die Größe und Neigung des Beckens und dergleichen Momente Abweichungen bedingen.

Die Horizontalebene, in welcher der Schwerpunkt lag, ging durch den letzten Lendenwirbel etwas unter den Querfortsätzen desselben und über den Cristis anterioribus superioribus ossium ilei durch. Sie befand sich ungefähr 37 Millimeter unter dem oberen Rande des Nabels und circa 203 Millimeter unter dem unteren Ende des Schwertfortsatzes des Brustbeines.

Durch allmälige Uebergänge kommen wir aus der schiefen allseitig 885
ruhenden Lage zum Sitzen. Zunächst nämlich kann der Kopf allein unterstützt bleiben, so daß die Strecker desselben in Anspruch genommen werden müssen, damit er nicht nach vorn übersinke. Wird dann die Wirbelsäule allmälig von oben nach unten frei, so treten die Extensoren derselben allmälig in Wirksamkeit. Bei völlig aufrechtem Sitzen endlich müssen noch die Glutaei, vorzüglich der maximus und medius, sobald nämlich das Gesäß nur unten, nicht aber hinten gegen einen festen Widerstand anliegt, die Aufrechthaltung der Wirbelsäule begünstigen. Kopf, Rumpf und obere Extremitäten stützen sich hierbei auf das Becken, insbesondere die Tubera ischii, und das Gesäß. Bei hinreichend breiter Unterlage erlangt dann diese Stellungsweise eine sehr große Sicherheit. Die Reibung des Gesäßes oder der Kleider gegen die Unterlage bildet den Widerstand, welcher das Ausgleiten verhindert.

Bei dem Stehen auf zwei Füßen ruht auf ihnen die Körperlast. 886
Sie selbst aber halten sie dann durch ihre Friction gegen den Boden fest. Daher wir auch auf dem glatten Eise leichter fallen als auf der rauhen Erde. Keineswegs jedoch berühren in diesem Falle alle Punkte der Fußsohle die Unterlage. Der Contact erfolgt vielmehr nur durch den Untertheil der Ferse, die Haut unter den Endtheilen der Mittelfußknochen, vorzüglich der großen Zehe, den äußeren Fußrand und einzelne Punkte der gebogenen Zehen. Erst bei längerem Stehen flacht sich hierbei der Fuß ab. Er wird länger, breiter und weniger gewölbt. Dieser longitudinalen Verschiebung aber wirken der Abductor hallucis und der Abductor digiti minimi, der transversalen die Interossei, der Adductor hallucis und der Transversus plantae möglichst entgegen. Sollen wir auf beiden Füßen aufrecht und ganz fest stehen, so muß die Schwerlinie die Horizontalen, welche durch die Hüftgelenke, die Kniegelenke und die Fußgelenke gelegt gedacht werden, halbiren.

Ein einseitiges Stehen auf einem Fuße kann nicht auf die schon früher 887
(§. 89) geschilderte Weise ohne Umschlagen des Körpers längere Zeit

hindurch Statt finden. Dagegen vermögen wir beide Schenkel auf ungleiche Art mit unserem übrigen Körper zu beschweren, ohne daß hieraus eine Unsicherheit der Stellung resultirt. Die Schwerlinie fällt dann nicht zwischen beide Füße, sondern geht durch das Fußgelenk der stärker stützenden Extremität hindurch, während die andere nur mit einem Theile des Fußes, vorzüglich dem Ballen und den Zehen, den Erdboden berührt. Da diese Art des Stehens eine ästhetischere ist und ihre Mängel leicht durch graciöse Bewegungen der oberen Körpertheile contrebalancirt werden können, da wir uns mit kleinen Schwankungen des Körpers längere Zeit in dieser Stellung erhalten, so wurde sie und nicht die auf beiden Fußsohlen von Künstlern und Physiologen (Leonardo da Vinci, Maissiat) als die naturgemäßere oder dem Ideale mehr entsprechende angesehen.

888 Sollen wir sicher stehen, so müssen beide unteren Extremitäten oder eine derselben den Oberkörper säulenartig unterstützen. Die Last des letzteren darf weder das Hüft- und Fußgelenk nach vorn, noch das Kniegelenk nach hinten biegen. Es müssen vielmehr der Ober- und Unterschenkel fast gerade über einander und senkrecht über dem Fuße fixirt sein. Zunächst könnte dieses durch eine entsprechende Thätigkeit der Beuger und Strecker der genannten Gelenke erreicht werden. Die letzteren müßten verhältnißmäßig stärker arbeiten, würden aber von den Beugern gehemmt und momentan gehindert, das Maximum ihrer Thätigkeit zu entwickeln. Hieraus resultirte dann jene beinahe grade Stellung, wie sie zum sicheren Stehen erforderlich ist. Die primär thätigen Muskeln am Hüftgelenke wären daher die Glutaei, vorzüglich der Glutaeus maximus nebst dem Obturator internus mit oder ohne Unterstützung des langen Kopfes des Biceps, des Semitendinosus, Semimembranosus und Gracilis; die hemmenden Beuger dagegen der Psoas und Iliacus internus nebst dem Rectus femoris mit oder ohne Unterstützung der Adductoren, des Pectineus und des Tensor fasciae latae. Am Kniegelenke arbeiteten der Rectus, die Vasti externus und internus und der Cruralis als die bestimmenden Strecker, der Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus, Popliteus und die beiden Köpfe des Gastrocnemius als die corrigirenden Beuger. Allein ein sehr großer Theil dieser Wirkungen wird den Muskeln selbst dadurch abgenommen, daß das Ligamentum teres und das Ligamentum superius des Hüftgelenkes, sowie die äußere stärkere Bandmasse der Fascia lata (die sogenannte Fascia ilio-trochanterico-tibialis von Maissiat) zur festen Haltung des Hüft- und Kniegelenkes beitragen. Es kann auf diese Art das Stehen länger ausgehalten werden, als wenn es immer jene starke Zusammenziehung der Beuger und Strecker des Hüft- und Kniegelenkes voraussetzen müßte. Am Fußgelenke endlich sind die Muskeln auf ein stärkeres Eingreifen angewiesen. Da der Fuß durch die Körperlast selbst fixirt ist, so halten einerseits der Tibialis anticus und Peroneus tertius mit Beihülfe des Extensor digitorum pedis communis longus und des Extensor hallucis longus und anderseits des Soleus und Plantaris mit Unterstützung des Tibialis posticus, Peroneus longus und

brevis, Flexor digitorum pedis communis longus und Flexor hallucis longus den Unterschenkel senkrecht über dem Sprungbeine. Jede seitliche Bewegung wird im Kniegelenke durch die Ligamenta lateralia und im Fußgelenke durch die beiden Knöchel nebst den Seitenbändern unmöglich gemacht. Es wirken daher die behufs anderer Zwecke so beweglichen Theile des Beines als feste Stützen, welche die Last des Oberkörpers mit Sicherheit tragen. Daß hierbei die Strecker der Wirbelsäule und des Kopfes in anhaltender Thätigkeit sein und die beiden Arme wie seitlich aufgehängte gleiche Gewichte arbeiten müssen, versteht sich von selbst.

Schon W. und Ed. Weber [1]) deuten im Allgemeinen an, daß bei ganz normalem Stehen die Muskeln des Hüft- und Kniegelenkes durch die Bandapparate zu einem großen Theile entlastet werden. Am ausführlichsten aber suchte dieses Maissiat nachzuweisen. Er beschreibt nämlich unter dem Namen der Fascia ilio-trochantero-tibialis eine ungefähr 4 bis 8 Centimeter breite fibröse Masse, welche vor dem am meisten nach außen vorspringenden Theile der Crista ilei entsteht, senkrecht unter der Haut hinabgeht, den Trochanter major berührt, sich längs des Oberschenkels fortsetzt und sich hier am Rande der Kniegelenkfläche zwischen der Tuberositas tibiae und dem Wadenbeine anheftet. Am großen Rollhügel sind die Fasern derselben sehr innig verflochten. Von ihr erstrecken sich noch unterstützende stärkere Bandstreifen, welche sich zum Theil mit der Sehne des großen Gefäßmuskels an den Hals und die ferneren Theile des Oberschenkels befestigen. Bei dem Stehen wird daher die Fixation des Schenkelkopfes durch das Ligamentum teres, das Weber'sche Ligamentum superius und die genannte Fascia ilio-trochantero-tibialis wesentlich erleichtert. Die letztere verhindert vorzüglich das Ueberschlagen nach hinten oder außen und kann dann noch leicht durch den Tensor fasciae latae, welcher in diesem Falle als wahrer Schenkelspanner wirkt, unterstützt werden. Aus diesen Verhältnissen sucht auch Maissiat herzuleiten, daß die graciösere Stellung auf einem Fuße, während der andere Fuß zum Theil aufgehoben ist, wie sie von Malern und Bildhauern so häufig gewählt wird, als die naturgemäßere betrachtet werden müsse. Siehe das Nähere in: J. Maissiat, Etudes de Physique animale. Paris, 1843. p. 6—34.

Es versteht sich von selbst, daß eine Erschlaffung oder Zerstörung der genannten Bandapparate, eine Schwäche oder Lähmung der Muskeln, Continuitätsverletzungen der unterstützenden Knochen, Austreibungen der Gelenkflächen derselben u. dgl. das Stehen hindern bis unmöglich machen müssen.

Das Stehen wird um so unsicherer, je mehr sich die Berührungs- 889
punkte des Fußes mit dem Boden vermindern. Dieses tritt daher z. B. ein, wenn wir uns mit emporgehobener Ferse auf dem Ballen aufrecht halten wollen, wenn die Zehen oder sie und der Mittelfuß u. dgl. fehlen. Wir gleiten alsdann auf glattem oder unebenem Boden oder selbst auf guter Basis bei nicht ganz günstigen Stellungen leichter aus. Aehnliche ungünstige Momente treten hervor, wenn der Fußboden zu schmal ist, um eine hinreichende Unterlage zu gewähren, wie dieses z. B. bei dem Gehen auf einem Seile der Fall ist. Die Schwerlinie kommt hier sehr leicht außerhalb der Basis, und der Körper muß daher fortwährend balanciren, die Stellung der Arme zu gleichem Zwecke benutzen, oder sich selbst eine Balancirstange zur Hand nehmen, um das Fallen zu vermeiden.

Vergl. §. 89, und J. T. Desaguliers Cours de Physique expérimentale. Traduit de l'Anglois par le R. P. Pezenas. Tome I. 1751. 4. p. 89. In dem letzteren Werke p. 274 fgg. sind auch die verschiedenen Stellungs- und Hebelverhältnisse, durch welche angebliche Herculesse scheinbar sehr bedeutende Krafteffecte ausüben, erläutert.

---

[1]) a. a. O. S. 144.

890 Schon bei dem asymmetrischen Stehen hat das eine Bein einen größeren Theil der Körperlast zu tragen als das andere. Das Gehen aber besteht darin, daß abwechselnd die eine untere Extremität den übrigen Körper stützt und momentan auf sich balanciren läßt, während die andere vorschreitet und bald darauf die Rolle des stützenden Beines übernimmt, um die des schwingenden der anderen Extremität zu überlassen. Hierbei tritt ein Augenblick ein, in welchem beide Beine den Fußboden berühren. Dieses Moment verkleinert sich um so mehr, je rascher wir gehen. Es wird aber Null oder fast Null, sowie wir zu laufen beginnen. Denn dann hat sich das stützende Bein schon emporgehoben, wenn das frühere schwingende den Boden berührt, um als Basis des übrigen Körpers zu dienen.

891 Zergliedern wir zunächst die äußeren Erscheinungen des Gehens, wie sie sich der unmittelbaren Anschauung kund geben, so finden wir, daß die Rollen beider unteren Extremitäten bei jedem Doppelschritte vollständig mit einander abwechseln. Jede arbeitet ein Mal als tragende Stütze und ein Mal als fortschiebendes Stemmwerkzeug. Wenn z. B. das linke Bein in ersterer Beziehung functionirt, so bleibt es nicht von Anfang an vollkommen steif, sondern wechselt mit einer geringen Beugung und einer starken Streckung ab. So lange nämlich die linke Seite des Oberkörpers weiter nach vorn, die rechte mehr nach hinten steht und der stützende Theil des Fußes vor dem von der Mitte des Schenkelkopfes gefällten Perpendikel liegt, tritt eine geringe Beugung der unterstützenden Extremität ein, damit der Vorwärtsbewegung des Rumpfes keine Hindernisse in den Weg gelegt werden. Daß dieses der Fall sei, kann man leicht daraus ersehen, daß die genannte Drehung des Rumpfes, sowie wir die linke Extremität von vorn herein vollständig strecken, zwar ausführbar bleibt, jedoch beschwerlicher wird. Während aber das vorschreitende rechte Bein den Rumpf nach vorn schiebt, dreht sich das linke im Fußgelenke auf entsprechende Weise von hinten nach vorn, streckt sich alsdann vollständiger und bereitet sich so unmittelbar vor, um als stemmendes Werkzeug im nächsten Momente zu dienen.

Hierbei verlängert es sich allmälig, die Extension erfolgt zuerst im Knie- und hierauf im Fußgelenke; die Ferse wird mit dem vor ihm liegenden Theile der Fußsohle emporgehoben, so daß sich jetzt nur der Ballen gegen den Boden stemmt. Man hat dieses letztere mit dem Abwickeln eines Rades von seiner Basis verglichen und daher auch geradezu das Abwickeln der Fußsohle genannt. Allein streng genommen ist dieser Vergleich nicht ganz anwendbar, weil nicht alle Punkte der Fußsohle wenigstens immer successiv mit dem Boden in Berührung treten und sich von ihm entfernen. Richtiger dagegen wurde die Thätigkeit des Ober- und Unterschenkels in dem genannten Momente des Gehens mit der der Speiche eines Rades parallelisirt, durch welche die Last immer, was die Distanz von dem Hüft- bis zu dem Fußgelenke betrifft, fast gleich hoch getragen werde. Jenes Abwickeln des Fußes aber gewährt den Vortheil, daß die Länge des Schrittes um so viel, als die Entfernung der Ferse von dem Ballen beträgt, vergrößert wird.

892 Sobald auf diese Weise eine sehr bedeutende Extension erreicht ist

und das Bein seine Function als Stemmwerkzeug vollbracht hat, tritt es in das zweite Stadium seiner Thätigkeit, nämlich in das der Schwingung. Soll es aber nun von hinten nach vorn einen Bogen beschreiben, so muß es sich verkürzen, weil es sonst bei der Länge, die es jetzt hat, keinen geraden Bogen nach vorn, sondern einen solchen nach außen, wie wir es z. B. in der That bei Leuten mit einem hölzernen Beine sehen, bilden könnte. Es biegt sich daher im Kniegelenke, so daß der tiefste Punkt seines Bogens noch etwas über dem Boden zu stehen kommt.

Die Schwingung der Extremität nach vorn wird durch die physikalischen 893
Verhältnisse wesentlich erleichtert. Das Bein ist nämlich im Hüftgelenke sehr beweglich am Rumpfe aufgehängt und hat seinen Schwerpunkt in einer gewissen Entfernung von demselben. Es muß daher bei dem geringsten Anstoße die Neigung erhalten, sich wie ein Pendel von selbst zu bewegen. Hierdurch werden dann die Muskeln eines großen Theiles ihrer Wirksamkeit entlastet und können momentan ausruhen, um ihre Kraft zu sammeln. Diese Erholung bedingt es alsdann, daß uns das Gehen weniger ermüdet und wir dasselbe ohne Erschöpfung längere Zeit hindurch fortsetzen können.

Ist der Zeitpunkt gekommen, in welchem das schwingende Bein hin- 894
reichend weit nach vorn liegt, so hemmen wir seine fernere Excursion, welche eben so zwecklos als zeitraubend sein würde, dadurch, daß wir dasselbe strecken und den Fuß auf den Boden aufsetzen. Der entsprechende Seitentheil des Rumpfes steht dann über ihm und vor der Seitenhälfte, welche der anderen Extremität correspondirt. Das Bein, das eben seine Schwingung vollendet, beginnt auf die oben geschilderte Weise als stützendes zu arbeiten.

Während eines einfachen Schrittes biegt sich die eine Extremität, 895
welche zuletzt auf dem Ballen ruhte, extendirt war und stemmte, nach vorn, macht ihre Schwingung, streckt sich und stützt sich gegen den Fußboden. An der anderen Extremität fällt die schwache Flexion mit dem Anfange, die Extension mit dem übrigen Theile der Schwingung und das Abwickeln des Fußes mit der Streckung und dem Aufsetzen der schwingenden Extremität zusammen. Während des zweiten einfachen Schrittes wechseln die Rollen auf entsprechende Weise. Im Anfange desselben ist immer dasjenige Bein, welches als stemmendes zu wirken beginnt, das vordere, das andere dagegen, welches seine Unterstützung vollendet hat, das hintere. So lange das Gehen nicht zum Laufen wird, existirt ein Moment, in welchem der Körper von beiden Beinen unterstützt wird. Es erscheint bei langsamem Gange der Zeit nach ungefähr halb so groß als dasjenige, während dessen man auf einem Beine steht, und wird um so kleiner, je rascher wir uns fortbewegen (W. und Ed. Weber) [1]).

Analysiren wir nun die Muskelthätigkeiten, welche bei jedem Schritte 896
in Anspruch genommen werden, so müssen zuvörderst die Strecker des Rückens und des Kopfes den Oberkörper mehr oder minder gerade halten,

---

[1]) a. a. O. S. 40.

damit er nicht nach vorn übersinke und der Schwerpunkt außerhalb der Unterstützungsfläche der Fußsohlen falle. An dem unterstützenden Beine sind die Strecker in Thätigkeit. Am Hüftgelenke arbeitet vorzüglich der Glutaeus maximus. Zum Theil der letztere und vorzüglich der Glutaeus medius und minimus mit oder ohne Hilfe des Piriformis und des Tensor fasciae latae, sowie die Spannung der bei dem Stehen früher erwähnten bandartigen Gebilde balanciren das Becken und schützen den Oberkörper vor dem Umfallen nach der Seite des schwingenden Fußes. Am Kniegelenke wirken der Rectus femoris, Vastus externus und internus und Cruralis, am Fußgelenke der Gastrocnemius, Soleus und Plantaris mit oder ohne Beihilfe der an der Hinterseite des Unterschenkels gelegenen Muskeln. Die geringe Beugung des Kniegelenkes, welche im Anfange Statt findet, kann schon wahrscheinlich dadurch bewirkt werden, daß der Gastrocnemius, indem die Ferse befestigt ist, mit seinen beiden Köpfen auf den Oberschenkel wirkt, sobald nur die Extensoren irgend nachgeben. Ist nun der Schwerpunkt des Oberkörpers von hinten nach vorn vorgerückt, so treten die genannten Strecker der stützenden Extremität, vorzüglich der Glutaeus maximus und der Extensor cruris in volle Wirksamkeit. Der Gastrocnemius hat dann wieder, indem sich der Körper nach vorn neigt und Ober- und Unterschenkel stark extendirt sind, seinen Ausgangspunkt am Femur. Das Bein wird auf diese Art vollkommen gestreckt und die Fußsohle abgewickelt. Ueberdies können dann noch die Zehenbeuger das Anpressen der Zehen an den Boden unterstützen. Wenn sich nun aber das Bein anschickt, als schwingendes zu wirken, so arbeiten vorzüglich am Hüftgelenke der Psoas major und Iliacus internus und am Kniegelenke der Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus und Popliteus, um bald darauf der eintretenden Wirksamkeit der Strecker zu weichen.

897 Bei dem Rückwärtsgehen beginnt der Schritt damit, daß sich die eine Extremität durch Beugung im Hüft- und Kniegelenke verkürzt, durch den Glutaeus maximus nach hinten gezogen wird, diese Bewegung durch ihre pendelartige Schwingung begünstigt und sich alsdann streckt. Hierbei wird zuerst der Ballen und alsdann die Ferse auf den Boden aufgesetzt. Der Gastrocnemius, Soleus und Plantaris ziehen mit Unterstützung des Tibialis posticus, Peroneus longus und brevis, des Flexor hallucis longus und des Flexor digitorum pedis communis longus den Unterschenkel, der Gastrocnemius, Popliteus und vielleicht der kurze Kopf des Biceps femoris den Oberschenkel, die Glutaei medius und minimus das Becken nach hinten. Indem so der Oberkörper an dieser Seite nach hinten gewendet wird, streckt sich die Extremität und nimmt die Körperlast auf sich. Das andere Bein extendirt sich im Knie- und Fußgelenke, bildet aber mit dem Becken einen nach vorn gerichteten stumpfen Winkel, schiebt die entsprechende Seite des Oberkörpers nach hinten und beginnt dann ebenfalls so eine Beugung und Schwingung [1]).

898 Bei dem Seitwärtsgehen wird die eine Extremität, indem sie schwach

---

[1]) Vgl. Krause a. a. O. S. 473.

gebogen ist, durch die obere Parthie des Glutaeus maximus und den Glutaeus medius und minimus abducirt und als stützendes Bein gestreckt aufgesetzt. Hierauf beugt sich das andere Bein in mäßigem Grade und wird durch die Adductores femoris, den Pectineus und den Obturator internus gegen den ersteren Fuß hinübergezogen.

Wir verzichten bisweilen theils willkürlich, theils unwillkürlich, und 899
zwar in letzterem Falle krankhafter Verhältnisse wegen, auf einzelne Vortheile, welche uns bei dem natürlichen Gange geboten sind. Wenn wir z. B. auf den Zehen oder richtiger auf dem Ballen vorwärts schreiten, so stützen wir uns eine längere Zeit auf einer kleineren Oberfläche, welche einen geringeren Reibungswiderstand hervorruft. Wir machen daher auch bei dem Aufsetzen des Fußes weniger Lärm, bewegen uns aber unsicherer und fallen daher leichter auf glattem, unebenem oder schiefem Boden und strengen unsere Wadenmuskeln in bedeutenderem Maaße an. Das Gehen auf den Fersen mit gleichzeitig gestreckten Kniegelenken wird noch beschwerlicher, weil dann die beschränkte Unterstützungsfläche nicht nur kleiner, sondern auch einfacher, die Pendelschwingung des Beines beschränkter oder gänzlich aufgehoben, und die seitliche Neigung des Rumpfes vergrößert ist.

Das Laufen bildet eine Combination des Gehens und des später zu 900
betrachtenden Springens, oder eines Ueberganges zu dem letzteren. Der Körper stützt sich nicht mehr in jedem Augenblicke der Ortsveränderung gegen den Fußboden, sondern ertheilt sich von Zeit zu Zeit eine Projectionsbewegung, vermittelst welcher er momentan in der Luft schwebt. Schon hierdurch entsteht, wenn es nicht absichtlich auf unpassende Weise vollführt wird, eine Beschleunigung des Fortkommens. Dieses wird bei dem Gehen dadurch beschränkt, daß jeder Schritt oder, genauer gesagt, jede halbe Spannungsweite eines Beines räumlich eine bestimmte Grenze hat und zeitlich mindestens so lange anhalten muß, als eine halbe Pendelschwingung der Extremität dauert. Bei dem Laufen wird das letztere Moment dadurch verkürzt, daß die Beine schon während der Projectionsbewegung zu schwingen anfangen. Die Distanz aber muß sich vergrößern, sobald die Projection eine bedeutendere horizontale Entfernung durchläuft. Vergeuden wir dagegen einen bedeutenden Theil des bei dem Laufen eingeschalteten Sprunges nicht sowohl auf die horizontale, als die senkrechte Wurfbewegung des Körpers, so verliert es hierdurch seinen wesentlichen Vortheil und kann selbst ein langsameres Fortkommen als das Gehen bedingen. Man nennt daher auch das Laufen mit vorherrschend horizontaler Bewegung den Eillauf, dasjenige aber, welches sich mit einem stärkeren Höhenwurfe combinirt, den Sprunglauf (W. u. Ed. Weber)[1].

Bei dem Gehen ist derjenige Zeitraum, in welchem das Bein den 901
Oberkörper trägt, länger als der, in welchem es von diesem getragen wird. Bei dem Laufen findet das Umgekehrte Statt. Wir haben hierbei drei abwechselnde Zeiträume, einen längeren, in welchem die rechte Ex-

[1]) a. a. O. S. 61.

tremität schwebt und die linke unterstützt, einen zweiten kürzeren, in welchem sich beide Beine in der Luft befinden, und einen dritten, in welchem das linke schwingt und das rechte stützt. Wird das zweite Moment gleich Null, so läßt sich zwischen Gehen und Laufen gar kein Unterschied wahrnehmen. Bei dem Sprunglaufe dagegen ist es größer als die beiden anderen zusammengenommen. Jedes Bein vollführt dabei dreierlei verschiedene Thätigkeiten. Denn es stemmt in einer ersten kurzen Periode, schwingt in einer zweiten längeren und berührt in einer kürzeren dritten den Boden, ohne zu stemmen (W. und Ed. Weber)[1]).

Um die das Laufen bedingenden Sprungbewegungen möglich zu machen, muß die Stemmung, d. h. die Extension, mit größerer Kraft vollführt werden. Die vorangehende Beugung ist daher auch stärker als bei dem Gehen. Zu gleicher Zeit neigt sich der Oberkörper mehr nach vorn, um die Wurfbewegung zu unterstützen. Die Athmung kann dabei unvollkommener als sonst vollführt werden. Sie setzt deshalb den Laufbewegungen weit früher als die Erschöpfung, welche durch die stärkere Muskelanstrengung veranlaßt wird, eine Grenze.

902 Sowohl bei dem Gehen als bei dem Laufen können die im Schultergelenke aufgehängten Arme die Bewegung des Oberkörpers unterstützen, indem sie, sobald nur der erste Anstoß durch die Neigung des Körpers und die Unthätigkeit gegenwirkender Muskeln oder durch den Impuls der sich zusammenziehenden Muskulatur gegeben worden, pendelartig schwingen. Bei ruhigem Gange wird dieses Nebenmittel als unnöthig nicht erst in Gebrauch gezogen. Bei schnellerem dagegen sucht der Arm durch gleichzeitige Vorwärtsbewegung die Ortsveränderung der entsprechenden Seite des Rumpfes zu unterstützen. Beide obere Extremitäten schwingen deshalb mehr oder minder abwechselnd oder nach entgegengesetzten Seiten und wirken so gewissermaßen als Balancirstangen. Bei dem Laufen tritt dieses in intensiverem Maaße hervor. Um aber dann die Projectionsbewegung zu unterstützen, biegt sich der Arm im Ellenbogengelenke, sobald er in seiner Schwingung nach vorn kommt, in stärkerem oder geringerem Maaße.

W. und Ed. Weber haben nicht nur in ihrer schon mehrfach erwähnten ausgezeichneten Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge eine detaillirte Beschreibung der einzelnen Acte des Gehens und Laufens, sondern auch eine Reihe ausführlicher Messungen und eine mathematische Theorie dieser Bewegungen geliefert. Wir heben im Folgenden die wichtigsten Zahlenresultate dieser Studien hervor, müssen aber rücksichtlich der Einzelnheiten auf das genannte Werk selbst, S. 227—380, verweisen.

Was nun zuvörderst die Neigung des Rumpfes bei dem Gehen und Laufen betrifft, so vergrößert sie sich, je mehr diese Bewegungen zunehmen, d. h. je mehr sich die von dem Schwerpunkte nach der Achsenlinie beider Hüftgelenke gezogene Senkrechte nach vorn neigt. Sie betrug bei langsamem Gange 4°,9 bis 6°,6, bei dem schnellen Gehen 10°,9 bis 18°,6, bei dem Laufen endlich 34°,1 bis 42°,7. In einer zweiten Versuchsreihe ergaben sich für das Gehen 5°,7 bis 10°,0 und für das Laufen 7°,2 bis 22°,5. Sie ändert sich nicht, so lange die Geschwindigkeit dieselbe bleibt, und bildet daher, wie an einer balancirten Stange eine Function des letzteren Momentes. Die verticalen Schwankungen des Mittelpunktes der Oberschenkelköpfe oder des Rumpfes glichen bei 0,730 Meter langen Schritten und bei dem Auftreten mit dem ganzen Fuße 30 bis 35 Millimeter

---

[1]) a. a. O. S. 79.

und durchschnittlich 31,66 Millim., bei dem mit der Ferse dagegen 19 bis 22 Millim. und durchschnittlich 21,00 Millim. Im ersteren Falle schwankte daher der Rumpf nach oben oder unten nur um 16 Millim., im letzteren um 10,5 Millim. Dazu kommt noch die accessorische Senkung, welche an dem stützenden Beine während der größten Streckung des anderen Statt findet. Rechnet man diese hinzu, so gleicht die Gesammtsenkung des Rumpfes bei dem Gehen auf dem ganzen Fuße 56⅔ Millim. und bei dem auf den Zehen 60 Millimeter [1].

In dem Momente des Gehens, wo beide Beine den Fußboden berühren und das eine senkrecht unterstützt, das andere dagegen gestreckt ist und stemmt, bilden beide Extremitäten zwei Seiten eines rechtwinkeligen Dreieckes und zwar die erstere die größere Kathete, die letztere die Hypothenuse desselben. Die Extension des stemmenden Beines, welche sich natürlicher Weise mit der Größe des Schrittes vermehrt, kann hierbei dem möglichen Maximum ziemlich nahe kommen. Die durch sie bewirkte Verlängerung betrug z. B. bei einer Schrittlänge von 0,607 Meter 0,081, bei einer solchen von 0,809 Meter durchschnittlich 0,101 und bei einer von 0,850 Meter 0,111 der Größe desselben Beines, wenn es senkrecht unterstützte. Das Maximum der möglichen Extension aber glich 0,139 des zuletzt genannten Werthes oder ungefähr 1/7 desselben. Wir sehen also, daß die Streckung der stemmenden Extremität bei 0,850 Meter Schrittlänge nur um 1/5 kleiner als jener Maximalwerth ausfiel [2]. Die größte Schrittlänge aber, welche bei dem Gehen in Anwendung gebracht wird, gleicht ungefähr der halben Spannweite der beiden Extremitäten [3]. Bei dem Abwickeln des Fußes hebt sich die Ferse durchschnittlich um 175,5 Millimeter [4].

Indem das Bein zu stemmen aufhört und gebogen wird, schwingt es pendelartig nach vorn. Hierbei zeigt sich das Gesetz, daß die Dauer eines Schrittes bei dem schnellsten Gehen fast genau eben so lange währt, als eine halbe Pendelschwingung derselben Extremität. Bei einem Individuum z. B. glich die letztere durchschnittlich 0,346, die Schrittdauer dagegen 0,332 Secunden. Jener Werth betrug im Mittel von 12 untersuchten Individuen 0,3534, dieser 0,3567 Secunden [5]. Je langsamer wir aber gehen, um so mehr übersteigt der Bogen des schwingenden Beines eine halbe Pendeloscillation. Es wird daher durch unnöthiges Vor- und Rückgehen der schwebenden Extremität Zeit verloren.

Bei dem Laufen kann die Schrittlänge bedeutend vergrößert werden. Die Schrittdauer dagegen ändert sich nur wenig und gleicht ebenfalls ungefähr nur dem Zeitintervall einer halben Pendelschwingung. Bei dem hier erscheinenden Auftreten auf den Ballen, welches zu 0,230 Secunden oder etwas mehr angeschlagen werden kann, beträgt sie etwas weniger als bei dem Gehen, nämlich statt 0,332 nur 0,323 Secunden. Die Hebung der Ferse gleicht dann im Mittel 337,5 Millim. Die verticalen Schwankungen des Rumpfes fallen hier geringer aus und betragen nur ungefähr 20 Millimeter oder nach der Fallhöhe berechnet 21,8 Millim. Dafür wird die Streckung des stemmenden Fußes größer. Sie soll sogar das Maximum der Extension bei ruhigem Stehen um 10 bis 15 Millimeter übertreffen können [6]. Bei der größten Geschwindigkeit des natürlichen Laufens beträgt die Schrittdauer fast 3/4 von der bei dem schnellsten Gehen, während die Schrittlänge 2 Mal so bedeutend ausfällt. Die Geschwindigkeit ist circa 6½ Meter in der Secunde.

Bei dem Sprunglaufe macht der Körper größere verticale Schwankungen, als bei dem Eillaufe. Die stemmende Extremität bleibt hier von dem Momente an, wo sie vertical steht, nur kürzere Zeit mit dem Boden in Berührung, weil sie sich bald streckt, um die Projectionsbewegung des übrigen Körpers zu erzeugen, und dann beugt. Die Dauer der Schritte fällt bedeutend länger als bei dem Eillaufe, aber kleiner, als bei dem langsamen Gehen aus. Sie betrug bei einer mittleren Schrittlänge von 1,679 Meter 0,4396 Secunden.

Eine mathematische Theorie der Gangbewegungen findet sich in der genannten Weber'schen Schrift S. 297—380. Eben so ist auch die von Maissiat über das Gehen aufgestellte ausführliche Entwickelung in dessen Etudes de Physique animale. Paris, 1843. 4. p. 35—173 zu vergleichen.

---

[1] a. a. O. S. 233 und 243. [2] a. a. O. S. 245. [3] a. a. O. S. 239 u. 246.
[4] a. a. O. S. 248. [5] a. a. O. S. 253. 254. [6] a. a. O. S. 291. 92.

903 Das Springen besteht darin, daß wir unserem Körper, welcher sich auf einem nicht nachgiebigen Fußboden befindet, durch eine plötzlich ausgeübte Extension vorher flectirter Glieder eine Projectionsbewegung ertheilen. Die Richtung der letzteren entspricht der Resultirenden oder der Diagonale der Componenten, welche durch die Richtungsveränderungen der einzelnen Gelenke hervorgerufen werden. Sie geht daher vorzugsweise nach oben und außerdem entweder nach vorn oder nach hinten. Bei ganz vollkommenem Springen nach vorn stützen sich zuerst die Füße vorzugsweise mit dem Ballen auf den Boden. Die Gelenke des Fußes sind nach vorn, die des Kniees nach hinten und die der Hüfte wiederum nach vorn gebogen. Die Wirbelsäule hält sich nach vorn gekrümmt, der Kopf nach unten gewandt. Die Arme sind im Schultergelenke etwas nach hinten gezogen, vorzüglich aber in den Ellenbogengelenken flectirt. Tritt nun die plötzliche Streckung ein, so überwindet diese die durch die Schwerkraft gegebene Fallrichtung nach unten. Der Körper schnellt um eben so viel empor, als die momentane Centrifugalkraft die Centripetalkraft der Gravitation überwiegt, und fällt dann durch die letztere getrieben wiederum herunter. Hierbei entstehen dann Projectionsbewegungen nach vorn oder hinten, die sich wechselsweise aufheben und so eine Sprungrichtung, die schief nach vorn oder nach hinten oder nur gerade in die Höhe geht, bedingen. Da aber die Grundbedingung, nämlich die Ueberwindung der centripetalen Schwerkraft des Körpers, durch die centrifugale der streckenden Muskeln, das Kniegelenk und zum Theil das Hüftgelenk allein vollführt werden kann, so sind wir schon im Stande, uns in ziemlicher Höhe emporzuschnellen, wenn selbst das Fußgelenk gar keinen oder nur einen geringeren Antheil nimmt. Ebenso wirken nur die bedeutenden Streckungen des Kopfes, der Wirbelsäule und des Ellenbogeus als Unterstützungsmittel, welche bei leichteren Sprunggraden nicht erst in Requisition gesetzt werden. Ueberhaupt hängt hierbei Alles von den vorhergehenden Stellungen ab, die wir instinctmäßig den Gelenken ertheilen, um die beabsichtigte Wurfrichtung zu erzielen. Auf gleiche Weise benutzen wir bisweilen nur eine Extremität, um uns in die Höhe zu werfen.

Um uns zu einem bedeutenderen Sprunge, der zugleich nach vorn gehen soll, vorzubereiten, nehmen wir zuerst einen Anlauf, d. h. wir verstärken durch das Laufen die Neigung, uns nach vorn zu werfen. Ebenso schreiten wir nicht selten während des Springens aus, um hierdurch noch die Sprungweite um ein gewisses Quantum zu vergrößern.

Eine schematische Darstellung der Wurfrichtungen, welche bei dem intensiven Sprunge durch die in entgegengesetzten Directionen erfolgenden Streckungen des Knie- und Fußgelenkes resultiren, giebt G. R. Treviranus in der Zeitschrift für Physiologie von F. Tiedemann, G. R. u. C. Treviranus. Bd. IV. 1832. 4. S. 82. Tab. V. Fig. 2. Dieser Forscher macht vorzüglich darauf aufmerksam, wie die entgegengesetzte Bewegung des Kniegelenkes die Winkelverhältnisse des Fußes so stellt, daß das Vorherrschen der Centrifugalkraft gesichert bleibt.

904 Bei dem Kriechen sowohl als dem Klettern werden die vorderen Extremitäten als keine bloß secundären Hülfsmittel, sondern momentan als wahre Hypomochlien des Körpers gebraucht, so daß der Gang mehr oder

minder an den der Vierfüßer erinnert. Ein Mensch, welcher kriecht, gebraucht abwechselnd den einen Arm und das andere Bein als Unterstützungswerkzeuge, während sich der zweite Arm und das zweite Bein biegen und nach vorn begeben, um bald darauf als Unterlage des Körpers zu dienen. Da es aber hierbei zu keinen vollkommenen Streckungen kommen kann, so erfordert diese Gangweise mehr Zeit und ist mit größerer Muskelanstrengung verbunden. Eine andere Art des Kriechens bildet ein Klettern auf horizontalem oder schief ansteigendem Boden. Hierbei dienen zuerst die beiden unteren Extremitäten als Stützen, während die beiden vorderen nebst dem Rumpfe weiter nach vorn bewegt und dann auf den Boden aufgesetzt werden. Im nächsten Momente klammern sich diese mit ihren Händen an, gewinnen so feste Haltpunkte und ziehen hierauf den Rumpf mit den unteren Extremitäten nach sich. Diese Bewegungsweisen treten dann ein, wenn die Arbeit der Füße allein nicht hinreicht und die Arme daher als Succursale zu Hülfe gerufen werden müssen, wie z. B. bei kleinen Kindern, bei Erwachsenen, welche sich auf senkrechtem oder sehr steil ansteigendem oder zu unsicherem Boden emporarbeiten wollen, bei sehr verkrümmten oder gelähmten Personen, bei Individuen mit defecten Extremitäten u. dgl.

Das Gehen auf zwei Krücken bei bloßer Brauchbarkeit eines Beines kommt dadurch zu Stande, daß der Körper unter beiden Achselhöhlen unterstützt wird und, indem sich die dienende untere Extremität beugt, eine Schwingung nach vorn macht. Er verhält sich hierbei wie ein Pendel, dessen Drehungsachse von dem Unterstützungspunkte der einen Achselhöhle zu dem der anderen läuft. In dem nächsten Momente werden dann die Krücken durch die Vorwärtsbewegung der Arme im Schultergelenke nach vorn gestellt, um das vorgeschrittene Bein zu überholen und von neuem als Stützen dienen zu können. Bei dem Gehen an einer Krücke hüpft der Körper in einem Bogen um diese Stütze herum, oder die letztere sucht, so gut es geht, die mangelnde Extremität zu ersetzen. Vgl. §. 83 und 89.

Bei dem Gehen auf einem steifen Stelzfuße müssen die Vortheile, welche das Kniegelenk des gesunden Menschen bei dem Ausschreiten darbietet, anderweitig compensirt werden. Die Stelze begiebt sich nicht mit dem an ihr befestigten Beintheile gerade von hinten nach vorn, sondern beschreibt einen Halbkegel, dessen Spitze in der Drehungsachse des Hüftgelenkes ist und dessen Basalbogen von hinten und innen nach vorn und außen und dann nach vorn und innen geht. Hierbei werden natürlich die Oberschenkelmuskeln weit mehr angestrengt, als bei dem natürlichen Gehen. Um diesen Uebelstand zu compensiren, macht man daher auch die Stelze etwas kürzer als das gesunde Bein ist, wenn dieses den Rumpf unterstützt. Der Kegelraum wird hierdurch kleiner. Der Rumpf erhält zwar bei dem Stehen eine schiefe Neigung. Allein dieser Nachtheil wird durch die möglich gewordene geringere Ermüdung compensirt. Bei einem künstlichen Fuße endlich, der im Fußgelenke steif ist, muß die Sohle schief nach oben und vorn gestellt werden, um das hindernde Anstoßen derselben bei der größten Streckung zu vermeiden und so gewissermaßen das natürliche Abwickeln des Fußes nachzuahmen.

Da der menschliche Körper eine größere specifische Schwere als das 905
Wasser hat (§. 31), so besteht die Aufgabe des Schwimmens darin, ihn an der Oberfläche des Wassers zu erhalten und gleichzeitig in gewisser Richtung fortzuschieben. Wir haben daher auch hier centrifugale Wurf- oder Sprungbewegungen, welche der Gravitationskraft entgegenarbeiten. Um aber diese Functionen zu erleichtern, athmen wir tief ein, füllen die Lungen mit viel Luft, verengern die Stimmritze und

vermindern auf diese Art unsere Eigenschwere. Der Projectionsbewegung entsprechend aber reducirt sich die Wirkung auf Beugung und nachfolgende intensive Streckung. Die zwei Extremitäten beider Seiten contrebalanciren oder unterstützen sich hierbei. An den Füßen bestehen die Hauptveränderungen in Flexion und Extension, an den Armen in Beugung, Streckung und Drehung der horizontalen Extremität nach außen. Arbeitet nur eine obere Extremität oder nur ein Fuß, so stört sich das seitliche Gleichgewicht, und der Mensch sinkt nach den Wasserfurchen hinab, welche auf diese Weise gebildet werden. Die Streckbewegungen rufen in jedem Falle einen Stoß nach oben hervor und hüten vor dem Untersinken. Extendiren sich beide Füße, während sich die gestreckten Arme von vorn und innen nach außen und dann nach hinten und innen drehen, so wird der Körper nach vorn gestoßen, sobald das sogenannte schlagende Schwimmen Statt findet. Er geht nach hinten, wenn die Drehung der Arme die entgegengesetzte ist. Bei dem sogenannten kriechenden Schwimmen zieht man mittelst der gestreckten Arme und der gebogenen Finger die vor dem Körper liegende Wassermasse gegen die Brust an. Das tiefe Einathmen gewährt bei allen diesen Bewegungen noch den Nebenvortheil, daß der Rücken gestreckt wird und auf diese Weise einerseits direct die Centrifugalkraft unterstützt und anderseits den Muskeln der Rumpfglieder der Extremitäten fixere Ausgangspunkte gewährt.

Ueber eine Reihe von Specialbewegungen, welche bei dem Schwimmen des Menschen Statt finden, s. P. J. Barthez neue Mechanik der willkührlichen Bewegungen des Menschen und der Thiere. Aus dem Französischen übersetzt von Kurt Sprengel. Halle, 1800. S. 313—23. Eine Abbildung der resultirenden Linien, welche aus den gewöhnlichen Schwimmbewegungen hervorgehen, findet sich in A. Baumgartner die Mechanik in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe. Wien, 1834. 8. Taf. I. Fig. 5. vergl. den Text S. 17.

Stimm- und Sprachbildung.

906 Jedes vollkommene mit Zungen versehene Blasinstrument setzt die Existenz eines mit einem Blasebalge verbundenen Anspruchsrohres, schwingender gespannter Zungen, welche eine kleine Spalte offen lassen, und eines über denselben befindlichen Corpus voraus. Diese sämmtlichen Desiderate finden auch in unserem Stimmorgane um so leichter ihre Repräsentanten, als ihre Herstellung keine eigenen nur zu diesem Zwecke dienenden Organe erfordert. Das Anspruchsrohr mit seinem Blasebalge ist in der Luftröhre und den Lungen, welche fortwährend Luft einpumpen und auspressen, von vorn herein gegeben. Ebenso bilden die Höhlungen des Rachens, des Mundes und der Nase Corpustheile, welche zur Modification der Töne bereit sind. Es fehlt daher nur noch das Zungenwerk selbst. Dieses Desiderat erfüllt unter solchen Verhältnissen die Einschaltung des Kehlkopfes mit seinem Kehldeckel, seinen oberen und unteren Stimmbändern und den Morgagnischen Taschen mit Leichtigkeit. Er allein bildet daher einen Theil, welcher ohne Herstellung der Stimmbildung hinwegbleiben könnte.

907 Jeder Apparat unseres Organismus erlangt dadurch eine wesentliche Vervollkommnung, daß seine einzelnen Theile nicht stabil, sondern labil

gegen einander äquilibrirt sind. Er erhält auf diese Art die Fähigkeit, sich den äußeren Verhältnissen anzupassen; eine größere Vielseitigkeit seiner möglichen Arbeit aber ist die unmittelbare Folge dieser Einrichtung. Auch unsere Stimmwerkzeuge genießen diesen Vortheil in hohem Maaße. Durch die verschiedene Stärke der Athembewegungen werden die Einflüsse des Anspruches der Zungen vervielfältigt. Der unendliche Wechsel der Stellungen der Gebilde des Rachens, des Mundes und der Nase erzeugt die verschiedensten Modificationen der Töne und Laute. Die gegenseitige Beweglichkeit der Theile des Zungenwerkes selbst endlich giebt der Stimme das Maaß ihrer Höhe und zum Theil ihrer Kraft und ihres Klanges. Der Schildknorpel, der Ringknorpel, die Gießbeckenknorpel, die Santorinischen und, wenn sie vorhanden sind, die Wrisbergischen Knorpel gestatten beschränkte Grade von Verschiebungen, welche theils die Höhlung des Kehlkopfes verändern, theils die Zungen in verschiedenem Maaße spannen oder erschlaffen. Dreht sich z. B. das kleine Horn des Schildknorpels auf dem Ringknorpel nach oben, so daß der obere Ausschnitt der Kante der Cartilago thyreoidea nach vorn und unten tritt, oder macht der Ringknorpel, während der Schildknorpel befestigt ist, seine mögliche Excursion, oder bewegen sich die Gießbeckenknorpel nach hinten oder außen, so werden die Stimmbänder gespannt. Umgekehrt dagegen müssen sie, sobald sich der Schildknorpel nach hinten wendet oder die Gießbeckenknorpel nach vorn gehen, erschlaffen. Durch diese Einrichtung erlangen die natürlichen Zungen unseres Larynx vor den künstlichen den Vortheil, daß ihre Befestigung und Spannung augenblicklich eine unendliche Reihe von Modificationen zu erleiden vermag.

Da aber auf diese Weise die Stimmung unseres Tonwerkzeuges durch die Arbeit der Muskeln ursprünglich bedingt wird, so kann man mit Recht die Thätigkeit der Tonbildung eben so gut als ein Corollarium der Lehre von der Athmung, als der der Bewegung ansehen.

Die Functionen der Kehlkopfmuskeln sind bis jetzt noch nicht so 908
genau, als es für die Physiologie der Stimme wünschenswerth ist, ermittelt. Wirken beide Cricothyreoidei gemeinschaftlich und gleichförmig, so nähern sie den oberen Rand des Vordertheiles des Ringknorpels dem unteren des Schildknorpels, oder umgekehrt den letzteren dem zuerst genannten. Während hierbei die oberen Stimmbänder (Ligamenta thyreo-arytaenoidea superiora) gedehnt und die Morgagnischen Ventrikel vorn niedriger und hinten etwas flacher werden, spannen sich vorzüglich die unteren Stimmbänder (Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora) der Länge nach aus. Die letztere Wirkung muß aber, sobald die Crico-arytaenoidei postici die Gießbeckenknorpel nach hinten und außen wenden, in noch höherem Maaße auftreten, denn die Ringschildknorpel- und die Ring-Gießbeckenmuskeln arbeiten in diesem Falle an den unteren Stimmbändern gleich zwei einander entgegengesetzten Kräften. Als Antagonisten derselben erscheinen die Thyreo-arytaenoidei und die Crico-arytaenoidei laterales, welche nicht selten mehr oder minder mit einander verschmolzen, bisweilen jedoch selbst an ihrer äußeren Seite von einander getrennt sind. Indem

sie die Gießbeckenknorpel dem Schildknorpel annähern, erschlaffen die Stimmbänder und die vorstehenden Mitteltheile oder selbst die vorderen Parthieen der unteren Ligamenta thyreo-arytaenoidea oder auch diese sogar im Ganzen rücken einander näher. Höchstens sind diese Muskeln, insbesondere die Thyreo-arytaenoidei, im Stande, die oberen und unteren Stimmbänder an ihren Innenrändern mittelst der an ihnen liegenden Muskelfasern in geringem Grade anzuspannen. Gleichzeitig verkleinern sich dann die Morgagnischen Taschen und können den Schleim, welcher etwa in ihnen enthalten ist, herausbefördern helfen. Vergl. auch §. 913.

Die Verlängerung der Stimmritze wird durch die Cricothyreoidei und die Cricoarythaenoidei postici, ihre Verkürzung dagegen durch die Thyreo-arytaenoidei und die Cricoarytaenoidei laterales besorgt. Die Arytaenoidei transversi schließen entweder für sich oder mit Hilfe der seitlichen Ring-Gießbeckenmuskeln vorzüglich den hinteren Theil der Glottis, während der vordere wahrscheinlich durch die inneren Bündel der Crico-thyreoidei verengert zu werden vermag.

Die Cricothyreoidei können natürlich entweder an dem Ring- oder dem Schildknorpel ihren Stützpunkt nehmen. In dem ersteren Falle dreht sich der Vordertheil der Cartilago cricoidea nach oben, in dem letzteren dagegen der des Schildknorpels nach vorn und unten. Jene Bewegungsweise ist bei Vivisectionen von Hunden beobachtet worden [1]. Diese können wir leicht an uns selbst wahrnehmen, wenn wir den Winkel des Schildknorpels mit dem Finger fixiren und laut sprechen oder singen. Die Thyreo-arytaenoidei und Crico-arytaenoidei haben fast immer die Ausgangspunkte ihrer Wirkungen an dem Ring- und Schildknorpel. Existiren noch besondere Arytaenoidei obliqui, die von der Basis des einen Gießbeckenknorpels nach der Spitze des anderen gehen, so wirken sie zwar ähnlich, wie die Arytaenoidei transversi, verengern jedoch wahrscheinlich den hinteren Theil der Glottis in etwas geringerem Grade, als die queren Gießbeckenmuskeln.

909 Daß die Tonerzeugung ursprünglich durch die **unteren Stimmbänder** (Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora) bedingt werde, lehren Versuche an lebenden oder todten Thieren, sowie Beobachtungen, welche sich bisweilen an verwundeten Menschen anstellen lassen. Bringt man z. B. bei einem Hunde oder Kaninchen eine so große Oeffnung in der Luftröhre an, daß die Stimmbänder nicht mehr durch den Athmungsstrom der Luft in eine hinreichend kräftige Vibration versetzt werden können, so hört die Tonbildung auf. Dieselbe Erfahrung wurde in dem gleichen Falle an dem Menschen gemacht. Individuen der Art sind, wenn sie sprechen wollen, genöthigt, die fistulöse Mündung durch einen geeigneten Verband, durch eine scharf angezogene Halsbinde oder auf andere Weise zu verschließen. Ist dagegen das künstliche Loch so klein, daß noch ein Theil der Luft mit gehöriger Kraft die Stimmbänder und die Stimmritze zu afficiren vermag, so wird noch eine Tonerzeugung möglich (**Magendie**) [2]. Umgekehrt kann man alle Theile, welche über den unteren Stimmbändern liegen und selbst die Morgagnischen Ventrikel an ausgeschnittenen Kehl-

---

[1] **Magendie** Elémens de Physiologie. p. 105. F. A. **Longet** Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. Paris, 1842. 8. p. 273.

[2] a. a. O. p. 105.

köpfen todter Thiere oder Menschen entfernen, ohne daß die Bildung von Tönen aufgehoben wird. Diese bleiben vielmehr noch rein und scharf, wenn nur die Stimmritze die bald näher zu bestimmende Größe darbietet, die Stimmbänder gespannt sind und die Luftröhre durch ein in dieselbe eingepaßtes Rohr angesprochen wird. Die Tönung erhält sich, das Fragment der Trachea mag lang oder kurz sein, und hört sogar nicht auf, wenn selbst die Luftröhre gänzlich entfernt worden und die Ansprache von dem unteren Ende des Kehlkopfes aus erfolgt (Joh. Müller)[1]. Auf gleiche Art brachte noch z. B. ein Mann mit einer offenen Halswunde, durch welche man den Kehldeckel mit Deutlichkeit wahrnehmen konnte (Nöggerath)[2], oder umgekehrt ein Individuum, bei dem unterhalb der Stimmbänder starke Verwachsungen Statt fanden (Magendie, Regnauld)[3], die deutlichsten Laute und selbst Worte oder einzelne Buchstaben hervor.

Die Tonbildung wird, wie bei den Zungeninstrumenten, nur dann 910
möglich, wenn die Luftspalte, d. h. die Stimmritze, sehr schmal ist. Stehen die unteren Stimmbänder des Kehlkopfes weit auseinander, so erzeugt der von der Luftröhre aus erfolgende Anspruch nur rauhe Reibungsgeräusche, welche mit der wahren Stimmbildung keine wesentliche Aehnlichkeit haben. Hat man dagegen die Gießbeckenknorpel einander genähert, so daß der hintere Theil der Stimmritze, die sogenannte Glottis respiratoria, verschlossen wird, die vorderen Parthieen derselben dagegen, die Glottis vocalis, eine linienförmige Spalte offen lassen, so erscheinen Töne, welche mit denen des lebenden Menschen oder des Thieres, dessen Kehlkopfes man sich bedient, die größte Aehnlichkeit haben. Dehnt sich die feine Spalte der ganzen Länge nach aus, so daß die Glottis respiratoria nicht vollkommen geschlossen ist, so erhält man an menschlichen Kehlköpfen zwar bisweilen, jedoch weit seltener dieselben Resultate (Joh. Müller)[4]. Es versteht sich übrigens von selbst, daß in allen diesen Fällen eine gleichzeitige stärkere oder schwächere Spannung der Stimmbänder vorausgesetzt wird.

Die Erfahrungen, welche bis jetzt an dem lebenden Menschen ange- 911
stellt werden konnten, bestätigen zum Theil die eben erwähnten Thatsachen. Wenn nämlich die Stimmbänder von Selbstmördern vermöge eines Halsschnittes, welcher den oberen Theil des Kehlkopfes trifft, entblößt oder durch einen großen Substanzverlust der Nase der Anschauung unmittelbar zugänglich gemacht worden, so bemerkt man, daß sie im Momente der Tonerzeugung eine linienartige Spalte zwischen sich offen lassen (Mayo, Rudolphi). Diese wird aber unregelmäßiger, sobald das eine Stimmband gleichzeitig mit verletzt ist (Mayo). Können nur die Gießbeckenknorpel

---

[1]) J. Müller Handbuch der Physiologie des Menschen für Vorlesungen. Bd. II. Abth. I. Coblenz, 1837. 8. S. 180.

[2]) C. E. Noeggerath de voce, lingua, respiratione, deglutitione observationes quaedam. Bonnae, 1841. 4. p. 5.

[3]) Gazette médicale. Paris, 1841. 4. p. 583. 84.

[4]) a. a. O. S. 184.

gesehen werden, so bemerkt man, daß sie sich im Augenblicke des Sprechens mit ihren Innenseiten dergestalt gegen einander wenden, daß wenigstens die Glottis respiratoria verschlossen werden muß.

Die Größe der offen bleibenden Stimmritze ist bis jetzt weder im Allgemeinen, noch mit Berücksichtigung der einzelnen hervorgebrachten Töne genau gemessen worden. Nur Kempelen[1]) giebt, wahrscheinlich von theoretischen Voraussetzungen geleitet, an, daß die Stimme aufhöre, sobald die Spalte der Quere nach $^1/_{12}$ bis $^1/_{10}$ Zoll betrage. Man kann sich auch an ausgeschnittenen Kehlköpfen leicht überzeugen, daß durch das Ansprechen von der Luftröhre aus kein irgend regulärer Ton, sondern nur ein Rasseln oder Schnarchen, wie es Sterbende von sich geben, entsteht, sobald die Glottis respiratoria und vocalis oder selbst die letztere allein noch irgend bedeutend geöffnet bleiben.

912 Der Verschluß der Glottis respiratoria kann durch die Arytaenoidei transversi, ohne daß zugleich die Stimmbänder wesentlich gespannt werden, zu Stande kommen. Dagegen ist dieses in Betreff der Glottis vocalis nicht möglich. Denn die Crico-thyreoidei dehnen zugleich die Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora aus, und ebenso müssen die Crico-arytaenoidei laterales, wenn die Crico-arytaenoidei transversi gleichzeitig wirken, nicht nur die Verengerung der Glottis, sondern auch die Tension der Stimmbänder unterstützen. Dieser Unterschied, daß bei der Glottis respiratoria Schließung und Spannung auf unabhängigere Weise von einander erfolgen können, bei der Glottis vocalis dagegen mehr oder minder Hand in Hand gehen, hat seinen wohl berechneten Grund. Denn soll die Tonbildung wenigstens in ihrer Mannichfaltigkeit nicht gestört werden, so muß die erstere überhaupt unabhängig von den Dehnungszuständen der Stimmbänder geschlossen bleiben. Werden aber die Ligamenta thyreo-arytaenoidea stärker angezogen, so ist ein stärkerer Anstoß des Luftstromes zur Erzeugung von Schwingungen erforderlich. Wir sehen daher auch, daß eine größere Anspannung der Stimmbänder und eine bedeutendere Kleinheit der Stimmritze wenigstens in den meisten Fällen durch dieselben wirkenden Kräfte hervorgerufen und auf diese Art gleichzeitig bedingt werden.

913 Die Stimmritze bleibt nicht bei ruhigem Athmen unbeweglich, sondern erweitert sich wenigstens meistentheils während der Inspiration und verengert sich im Augenblicke der Exspiration. Zu dem letzteren gesellen sich noch bisweilen Vibrationen der Muskelfasern des Schlundes (Stilling). Wenn aber die Glottis respiratoria während der Stimmbildung ganz geschlossen und die Glottis vocalis zu einer dünnen Spalte reducirt ist, so kann die Luft, sofern der Exspirationsdruck derselbe ist, nur sparsamer hervortreten. Wir athmen daher auch bei angestrengtem Sprechen oder Singen zuerst tief ein und entleeren die auf diese Weise angesammelte Luft allmälig, um für jene Thätigkeiten der Stimmbildung mehr Material oder Zeit zu gewinnen. Das Sprechen und Singen wird so zu einem Exspirationsacte.

---

[1]) Wolfgang von Kempelen Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Wien, 1791. 8. S. 81. 82.

Während des Einathmens können die meisten Menschen keine ganz reinen Tonbildungen hervorrufen. Nur Einzelne erzeugen dabei selbst höhere Noten, als dem Sopran der Frauen entspricht.

Legt man bei lebenden Thieren die Stimmbänder bloß, so gelingt es 914
nicht selten, ihre Schwingungen im Momente der Tonerzeugung deutlich wahrzunehmen. Die zahlreichen elastischen Fasern, welche in ihnen vorkommen, machen sie zu diesen Vibrationen vorzugsweise geeignet. Aus dem gleichen Grunde findet sich auch eine sehr bedeutende Menge elastischen Gewebes in den anderen Bändern und Theilen des Kehlkopfes, z. B. den Ligamentis thyreo-arytaenoideis superioribus, der Unterlage der Morgagnischen Ventrikel, dem Ligamentum crico-thyreoideum medium, hyothyreoideum laterale, den Bandbildungen des Kehldeckels, sowie in den häutigen Ausfüllungsstücken der Luftröhre, der Bronchien und der Bronchialverzweigungen.

Stimme. — Die Hauptbedingungen, unter welchen die verschiede- 915
nen Töne ursprünglich gebildet werden, hängen von der Größe und Spannung der Stimmbänder, sowie dem Zustande der Stimmritze ab. Diese Momente lassen sich bis auf einen gewissen Grad an todten ausgeschnittenen Kehlköpfen des Menschen und der Thiere wiedergeben. Die ausführlichsten, in dieser Beziehung vorliegenden Beobachtungen rühren von Joh. Müller her, dessen Untersuchungen überhaupt das uns hier beschäftigende Kapitel am gründlichsten erläutern.

Joh. Müller[1]) bediente sich zu den einfacheren Beobachtungen der Art, wenn sie mit Maaßbestimmungen verbunden sein sollten, folgender Vorrichtung. Man entfernt an einem ausgeschnittenen Kehlkopfe des Menschen alle Theile, welche oberhalb der unteren Stimmbänder liegen, und sticht durch die beiden Gießbeckenknorpel einen Pfriemen oder eine Nadel so durch, daß sich die Vocalfortsätze der Cartilagines arytaenoideae, wenn diese an einander gerückt werden, gegenseitig berühren und eine gleichförmige Spannung der Stimmbänder möglich bleibt. Jene wird dann noch behufs einer besseren Befestigung mit besonderen Fäden umwickelt. Man bindet hierauf den Pfriemen sowohl, als den Ringknorpel durch Schnüre an ein Brett, macht die Vereinigung des Schild- und Ringknorpels zum Theil frei, führt durch den Winkel der Cartilago thyreoidea dicht über den Stimmbändern eine Schnur, leitet diese über eine Rolle und versieht ihr anderes Ende mit einer Wagschaale, welche mit verschiedenen Gewichten beschwert wird. Diese ziehen natürlich den noch vorhandenen Theil des Schildknorpels schief nach vorn, ahmen daher die Wirkung der Cricothyreoidei nach und spannen die Stimmbänder. Abstrahirt man nun von der Reibung der Achse der Rolle, welche mit größerer Beschwerung der Wagschaale zunimmt, und erfolgt der Zug jedes Mal gleichförmig, so geben die aufgelegten Gewichte ein ungefähres Maaß der Dehnung der Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora. In die untere Oeffnung der Luftröhre kommt alsdann ein hölzernes Mundrohr, in welches man einbläst. In Fig. 92 ist ein complicirterer, mit einem Manometer und besonderen Compressionsvorrichtungen versehener Apparat dargestellt, in welchem die eben geschilderten Verhältnisse auf eine leicht aufzufindende Weise wiederkehren.

Auf den ersten Blick könnte es zweckmäßiger scheinen, den Wind des Anspruches nicht durch seinen eigenen Athem, sondern durch ein Gebläse, z. B. einen doppelten Blasebalg zu erzeugen. Allein diese Modification hat den Fehler, daß die Stimmbänder vermöge des trockenen vorbeistreichenden Luftstromes binnen Kurzem ihre Feuchtigkeit verlieren und die Töne entweder gänzlich versagen oder unter sonst gleichen Verhältnissen

[1]) Physiologie a. a. O. S. 185. 86.

höher werden. Unser Athem führt diese Nachtheile nicht mit sich, weil er eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre an den Vocalligamenten vorbeileitet [1]).

916 Nach Müller liefern die unteren Stimmbänder, wenn alle über ihnen liegenden Theile entfernt sind, durch den von der Luftröhre aus erfolgenden Anspruch reine und volle Töne, die sich durch geringere Stärke von denen, welche man unter ähnlichen Verhältnissen an unversehrten Kehlköpfen hervorzubringen vermag, unterscheiden. Sie treten zwar am leichtesten, wenn die Glottis respiratoria geschlossen ist, jedoch auch in selteneren Fällen ohne diese Bedingung und ohne daß dann Nebentöne entstehen, hervor. Ihre Höhe wird nur durch die Spannung der Stimmbänder, nicht aber durch die Weite der Stimmritze influencirt. Steht die letztere in bedeutenderem Maaße offen, so spricht bloß der Ton weniger an, erscheint minder klangvoll und wird von einem Rasselgeräusche der durchströmenden Luft begleitet. Bildet die Glottis eine feine Spalte, so gelingt der Anspruch auch bei stärkeren Spannungen der Stimmbänder. Berühren sich dagegen die letzteren mit ihren Innenrändern, so bildet eine geringere Tension derselben eine nothwendige Bedingung der Tonerzeugung. Der Schall fällt dann stärker und voller als bei sehr schmaler Glottis aus. Uebrigens können die Stimmbänder vermöge des in ihnen enthaltenen elastischen Gewebes tönen, wenn sie selbst erschlafft sind, die Glottis respiratoria geschlossen worden und die Glottis vocalis nur in einer Länge von 2 Linien offen steht [2]).

917 Tiefe und hohe Töne lassen sich bei kurzer wie bei langer Stimmritze hervorrufen. In dem ersteren Falle müssen nur die Stimmbänder in entsprechendem Grade erschlafft, in letzterem gespannt sein. Jedoch erhöhen sich die Noten bei zunehmender Spannung der Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora nicht ganz auf die Weise, wie es der Theorie nach von Saiten oder an ihren beiden Enden angespannten Membranen gefordert werden könnte. Sie werden nie höher, als theoretisch anzunehmen ist, sondern bleiben eher hinter den zu erwartenden Resultaten um einen halben oder ganzen Ton zurück. Eine Ausnahme hiervon bildet allein eine ungleiche Spannung der beiden Stimmbänder. Man erhält zwar auch in diesem Falle nur selten zwei Töne zugleich; allein der zum Vorschein kommende Ton wird häufig dadurch, daß sich die Ligamenta vocalia in einem Theile ihrer Länge bei der Schwingung berühren und secundäre Schwingungsknoten hervorrufen, sehr hoch und den Flageolettönen ähnlich. Das Gleiche kehrt an isolirten Stimmbändern, welche zungenartig ausgespannt werden, wieder [3]).

Die Töne lassen sich ungefähr in einem Umfange von zwei Octaven an geeigneten Kehlkopfpräparaten durch Zunahme der gleichartigen Spannung der Ligamenta vocalia inferiora verändern. Wird aber die Explosion zu stark, so erzeugen sich höhere, pfeifende oder schreiende unangenehme

---

[1]) Joh. Müller über die Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan. Mit Bemerkungen über die Stimme der Säugethiere, Vögel und Amphibien. Berlin, 1839. 8. S. 6. 7.
[2]) Müller Physiologie. S. 186 – 88. [3]) Müller a. a. O. S. 189 – 92.

Tonbildungen. Durch bedeutendere künstliche Erschlaffung der Stimmbänder dagegen können noch tiefere Töne, als bei der bloßen natürlichen durch die Elasticität des Ligamentum crico-thyreoideum medium bewirkten Anspannung derselben zu Stande kommen.

Zur näheren Erläuterung des ersteren Satzes bediente sich Müller des oben §. 915 erwähnten Apparates. Die Drehung des Schildknorpelfragmentes nach vorn und die Verkleinerung des Zwischenraumes zwischen der Cartilago thyreoidea und der Cartilago cricoidea ersetzte hierbei die Wirkung der Musculi crico-thyreoidei und rief die allmälig größer werdende Tension der Stimmbänder hervor. Natürlicher Weise können die aufgelegten Gewichte, wie schon angeführt wurde, kein ganz directes Maaß für die Größe der Spannung abgeben. Sie liefern jedoch ungefähre Werthe, welche wenigstens nach Müller bei ganz gut gelungenen Versuchen als ziemliche Normen leiten können. Dieser Forscher führt z. B. als Belege folgende beiden Reihen, welche einem männlichen Kehlkopfe angehörten und deren Töne rücksichtlich ihrer Höhe nach dem Claviere bestimmt wurden, an [1])

Spannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Tiefste erhaltene Töne der Versuchsreihe		Spannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Tiefste erhaltene Töne der Versuchsreihe	
	Nr. 1.	Nr. 2.		Nr. 1.	Nr. 2.
0,5	ais	h	10		$\overline{\overline{\mathrm{dis}}}$
1	h	$\overline{\mathrm{c}}$	10,7	$\overline{\overline{\mathrm{e}}}$	
1,5	$\overline{\mathrm{c}}$	$\overline{\mathrm{cis}}$	11		$\overline{\overline{\mathrm{e}}}$
2	$\overline{\mathrm{cis}}$	$\overline{\mathrm{d}}$	11,7	$\overline{\overline{\mathrm{f}}}$	
2,5	$\overline{\mathrm{d}}$	$\overline{\mathrm{dis}}$	12		$\overline{\overline{\mathrm{f}}}$
2,8	$\overline{\mathrm{dis}}$		13	$\overline{\overline{\mathrm{fis}}}$	$\overline{\overline{\mathrm{fis}}}$
3	$\overline{\mathrm{e}}$	$\overline{\mathrm{e}}$	15	$\overline{\overline{\mathrm{g}}}$	$\overline{\overline{\mathrm{g}}}$
3,5	$\overline{\mathrm{f}}$	$\overline{\mathrm{f}}$	17	$\overline{\overline{\mathrm{gis}}}$	
4	$\overline{\mathrm{fis}}$	$\overline{\mathrm{fis}}$	17,5		$\overline{\overline{\mathrm{gis}}}$
4,5	$\overline{\mathrm{g}}$	$\overline{\mathrm{g}}$ +	18,5 (?)		$\overline{\overline{\mathrm{a}}}$
5	$\overline{\mathrm{gis}}$	$\overline{\mathrm{gis}}$	19	$\overline{\overline{\mathrm{a}}}$	
5,5	$\overline{\mathrm{a}}$	$\overline{\mathrm{a}}$	20		$\overline{\overline{\mathrm{ais}}}$
6	$\overline{\mathrm{ais}}$	$\overline{\mathrm{ais}}$	22	$\overline{\overline{\mathrm{ais}}}$	$\overline{\overline{\mathrm{h}}}$
6,5	$\overline{\mathrm{h}}$	$\overline{\mathrm{h}}$	25	$\overline{\overline{\mathrm{h}}}$	
7	$\overline{\mathrm{h}}$ — $\overline{\overline{\mathrm{c}}}$		26		$\overline{\overline{\overline{\mathrm{c}}}}$
7,5	$\overline{\overline{\mathrm{c}}}$	$\overline{\overline{\mathrm{c}}}$	28	$\overline{\overline{\overline{\mathrm{c}}}}$	
8	$\overline{\overline{\mathrm{cis}}}$		29		$\overline{\overline{\overline{\mathrm{cis}}}}$
8,3		$\overline{\overline{\mathrm{cis}}}$	31	$\overline{\overline{\overline{\mathrm{cis}}}}$	
8,5	$\overline{\overline{\mathrm{d}}}$		32		$\overline{\overline{\overline{\mathrm{d}}}}$
9		$\overline{\overline{\mathrm{d}}}$	35	$\overline{\overline{\overline{\mathrm{d}}}}$	
9,7	$\overline{\overline{\mathrm{dis}}}$		37	$\overline{\overline{\overline{\mathrm{dis}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\mathrm{dis}}}}$

[1]) a. a. O. S. 193.

Eine größere Beschwerung der Wagschaale mit Gewichten gab in beiden Fällen keinen reinen Ton mehr. Man sieht aber, daß in jedem von ihnen schon mehr als zwei Octaven durch diese Versuchsmethode zu Stande gebracht werden konnten.

Um nun nachzuweisen, daß durch künstliche Abspannung der Stimmbänder tiefere Tonbildungen, welche mehr der Baßstimme gleichen, hervorgerufen werden, bediente sich Müller[1]) des einfachen Apparates, daß ein in dem Schildknorpel befestigter Faden, welcher an seinem Ende eine Wagschaale trug, über eine Rolle dergestalt geleitet wurde, daß er die Cartilago thyreoidea gegen die Gießbeckenknorpel hinzog, auf diese Art die Wirkung der Musculi thyreo-arytaenoidei und crico-arytaenoidei laterales, wenn sie an den Cartilagines arytaenoideae ihren Ausgangspunkt nehmen, nachahmte und die Stimmbänder künstlich immer mehr und mehr erschlaffte. Eine in dieser Beziehung angestellte Versuchsreihe führte zu folgenden Resultaten:

Größe der Abspannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Ton.	Größe der Abspannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Ton.
0,3	$\overline{\text{dis}}$	2,2	{ e
0,5	$\overline{\text{d}}$		{ gis
1,0	$\overline{\text{cis}}$	2,4	e
1,3	$\overline{\text{c}}$	2,6	dis
1,4	h	2,8	d
1,5	ais	3,5	cis
1,7	a	3,8	H

Bei 2,2 Loth Abspannungsgewicht wurde das eine Mal e, das andere Mal gis intonirt.

918 Die Stimmbänder ausgeschnittener Kehlköpfe, vorzüglich von männlichen Leichen, bringen nach Müller[2]) bei dem Ansprechen, wenn sie nur schwach gespannt sind, zwei verschiedene Register von Tönen hervor. Die Einen sind im Allgemeinen tiefer und erinnern sehr an die Bruststimme. Die anderen dagegen besitzen eine größere Höhe und gehen auf diese Art in das Falsett über. Ist die Tension der Stimmbänder unbedeutend, so entstehen bei starkem wie bei schwachem Winde vorzugsweise Brusttöne, während sich umgekehrt bei intensiverer Spannung durch stärkeres oder schwächeres Blasen Falsettöne erzeugen. Die letzteren kommen aber auch bisweilen bei geringer Extension zum Vorschein. Diese schwankenden Resultate erhält man jedoch nur, wenn die Gießbeckenknorpel allein befestigt sind, der Schildknorpel dagegen sich selbst und der Elasticität des Ligamentum crico-thyreoideum medium überlassen ist. Bei den tiefen Brusttönen schwingen dann die gesammten Stimmbänder in ausgedehnten, deutlich wahrnehmbaren Excursionen, bei den Falsettönen dagegen betheiligen sich nur die Innenränder derselben an den wahrnehmbaren Oscillationen (Lehfeldt)[3]). Diesem

[1]) a. a. O. S. 194 [2]) a. a. O. S. 194. 95.

[3]) C. Lehfeldt Nonnulla de vocis formatione. Berolini, 1835. 8. p. 51. 52. 53. Diese gründliche Arbeit bildet den Vorläufer der Müller'schen belehrenden Untersuchungen, welche im Texte angeführt worden.

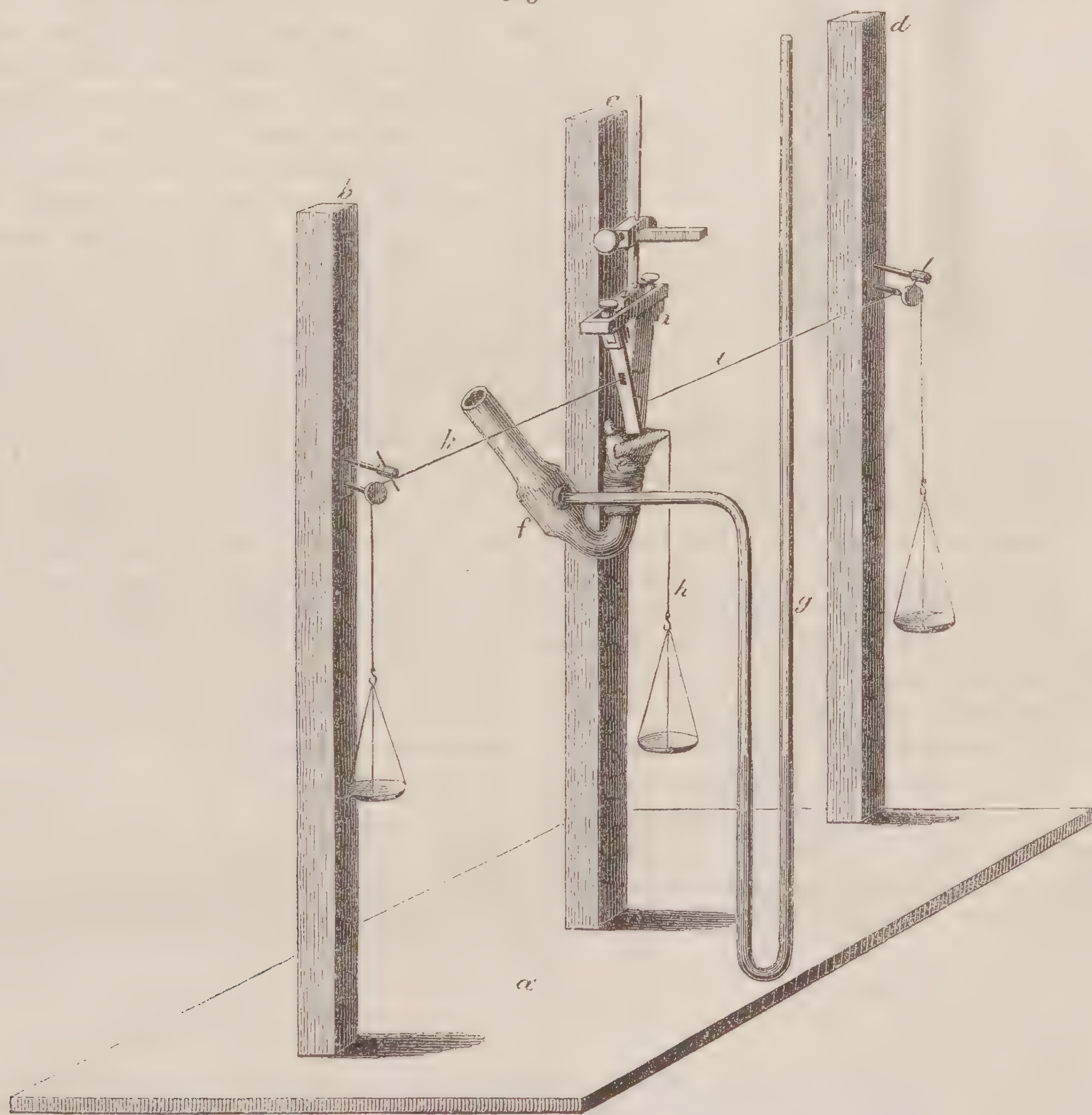
entsprechend erhöhen sich auch die Töne, sobald die Stimmbänder durch Berührung ihrer äußeren Theile gedämpft werden (Müller). Beiderlei Arten von Tönen können aber dann unter sonst gleichen Verhältnissen um eine Octave weit von einander entfernt erscheinen.

Die Musculi thyreo-arytaenoidei (und Crico-arytaenoidei laterales) spielen noch nach Müller [1]) bei der Erzeugung der höheren Brusttöne eine eigenthümliche Rolle. Diese lassen sich nämlich erhöhen, wenn man die Wandungen des Kehlkopfes unmittelbar unter den Stimmbändern seitlich zusammendrückt und so den Raum verkleinert. Eine solche Wirkung aber haben wahrscheinlich im Leben die unteren Theile der genannten Muskeln.

Die Stärke des Windes, unter welchem die Stimmbänder angesprochen werden, bildet neben der Spannung der letzteren eine zweite Function der Tonbildung. Beide Verhältnisse können sich aber bis zu einem gewissen Grade compensiren, d. h. eine stärkere Ausdehnung der Ligamenta vocalia vermag bei schwächerem Winde denselben Ton im Piano hervorzurufen, welchen eine schwächere Spannung durch bedeutenderes Blasen erzeugt. 919

Müller [2]) hat über diese Verhältnisse eine ausführliche Reihe von Versuchen angestellt. Er bediente sich zu diesem Zwecke des in Fig. 92 gezeichneten Apparates. Auf

Fig. 92.

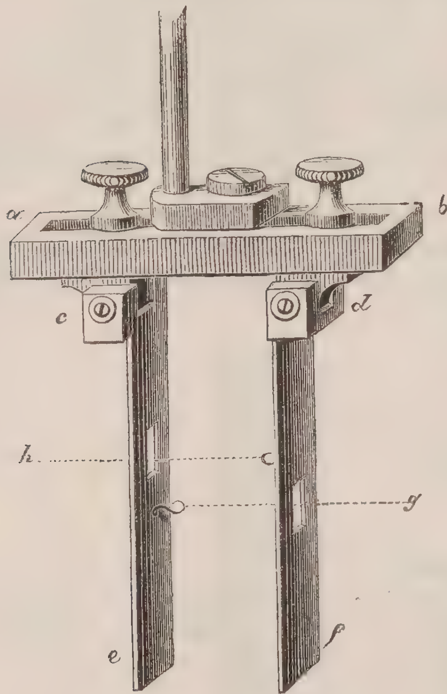


[1]) Physiologie S. 196. 97.

[2]) Ueber Compensation S. 9 fgg.

einem Brette a befinden sich drei Pfeiler b, c und d. An dem mittleren c ist der Kehlkopf e auf die §. 915 geschilderte Weise befestigt. Er oder der noch daran haftende Theil der Luftröhre besitzt ein Anspruchsrohr f, welches mit einem nach Art des Poiseuille'schen Blutkraftmessers eingerichteten Manometer g in Verbindung steht. Von dem Schildknorpel geht (einfach oder über einer Rolle) ein Faden h aus, der eine Wagschaale trägt. Mittelst dieser und der auf dieselbe zu legenden Gewichte können dann die Vocalligamente durch Nachahmung der Thätigkeit der Musculi cricothyreoidei gespannt werden. Will man die Größe der Stimmritze durch seitliche Compression der Stimmbänder mittelst Gewichten reguliren — eine Forderung, die nicht absolut nothwendig ist und auch, wenn sie vollbracht wird, meist zu keinen ganz fixen Resultaten führt —, so bedient man sich eines am Pfeiler c oberhalb des Kehlkopfes e angebrachten beweglichen Compressorium, wie es Fig. 93 darstellt. Ein horizontales passend ausgeschnittenes Stück a b trägt mittelst der beiden Charniergelenke c und d die beiden Compressoriumstäbe e und f, die daher nicht bloß überhaupt eingestellt, sondern auch gegen einander schief gewendet werden können. Um aber die letztere Bewegung durch Gewichte reguliren und gleichförmig machen zu können, hat jeder Schenkel einen entsprechenden viereckigen Ausschnitt und ein Häkchen. Jeder der letzteren führt einen Faden, welcher durch das Loch des entgegengesetzten Schenkels läuft und in k und l, Fig. 92, über entsprechende Rollen, die an den Pfeilern b und d befestigt sind, zu einer angehängten Wagschaale führt. Man mißt daher durch Gewichte, welche in die Wagschaalen k und l eingelegt werden, die Größe und Gleichförmigkeit der seitlichen Compression, durch solche, welche sich in der Schaale unter h befinden, die Längenspannung der Stimmbänder und mittelst des Manometers g die Stärke des Anspruches, welcher durch den in f eingeleiteten Wind Statt findet. Wir haben schon früher gesehen, daß die Gewichte nur approximative Werthe geben. Dasselbe gilt von der Säule des Manometers. Auf zweckmäßige Weise bediente sich Müller bei ihm als Fluidum des Wassers und nicht des Quecksilbers, um größere Ausschläge zu erhalten.

Fig. 93.



Die in Fig. 92 gegebene Abbildung erläutert auch von selbst die in §. 915 und §. 917 erwähnten Vorrichtungen. Denken wir uns nämlich das Compressorium i mit den Seitenfäden k und l und den dazu gehörenden Nebenstücken hinweg und stellen uns vor, daß der Faden h über eine Rolle läuft, so haben wir den §. 915 genannten Apparat, um das Maaß der Längenspannung der Stimmbänder zu finden. Stellen wir uns dagegen vor, daß der Pfeiler c oberhalb der Anheftungsstelle des Kehlkopfes eine viereckige Oeffnung besitzt und daß ein Spannfaden von dem Schildknorpel über den Gießbeckenknorpeln durch das Loch hindurchgeht, um über seiner Rolle zur Wagschaale zu gelangen, so giebt dieses eine Idee der §. 915 erwähnten Vorrichtung.

Mittelst des obigen Apparates ergab sich zuvörderst, daß die Erhöhung des Grundtones der wenig gespannten Stimmbänder um einen ganzen Ton, bei der vorliegenden Einrichtung des Manometers meistentheils ungefähr eine Vergrößerung von 1 bis 2 Centimeter Wassersäule erforderte und daß das Verhältniß ziemlich gleichmäßig fortschritt. Es zeigte sich z. B. bei gleichbleibender Spannung von 2½ Loth aufgelegten Gewichtes:

Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.
3″	$\overline{\text{F}}$	6″	$\overline{\text{a}}$
3″ 6‴	$\overline{\text{Fis}}$	7″	$\overline{\text{ais}}$
4″	$\overline{\text{g}}$	9″	$\overline{\text{h}}$
4″ 8‴	$\overline{\text{gis}}$	10″	$\overline{\overline{\text{c}}}$
		12″	$\overline{\overline{\text{cis}}}$

Oder bei Mangel aller Spannung:

Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.
2″	fis Brustton	7″	h
4″ 6‴	g	8″ 6‴	$\overline{\text{c}}$
5″ 6‴	gis	10″	$\overline{\text{cis}}$
6″	a	11″	$\overline{\text{d}}$
		12″	$\overline{\text{dis}}$

Im Allgemeinen fand sich, daß der Druck des Windes bei gleichbleibender schwacher Spannung der Stimmbänder um das 5—8fache vergrößert werden mußte, wenn sich der Ton um eine Octave erhöhen sollte. Zur Steigerung um eine Quarte oder Quinte gehört das Doppelte bis Dreifache des Luftdruckes. Diese Erfordernisse erhöhen sich aber, wenn die Stimmbänder um vieles stärker gespannt sind, oder die Stimmritze sehr eng erscheint, in sehr bedeutendem Maaße. Bisweilen zeigt sich eine gewisse Grenze, bis zu welcher Tonhöhe und Windstoß gleichförmig zunehmen, während sich der letztere unverhältnißmäßig verstärken muß, sobald ein Fortschreiten um einen halben Ton möglich werden soll. So z. B. erhielt Müller:

Ton.	Wassersäule des Manometers.	Erhöhungsgröße für einen halben Ton.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Erhöhungsgröße für einen halben Ton.
g	2″	—	h	8″	1″
gis	3″	1″	$\overline{\text{c}}$	10″	2″
a	4″	1″	$\overline{\text{cis}}$	11″,5	1″,5
ais	7″	3″	$\overline{\text{d}}$	13,5	2″
			$\overline{\text{dis}}$	22″—24″	8″5—10″,5

Die Grenze, bei welcher die fortschreitende Erhöhung des Luftdruckes gleichförmiger zu bleiben aufhört, tritt an dem gleichen Kehlkopfe um so früher ein, je stärker die Stimmbänder gespannt sind. Dieses erläutert z. B. folgende an einem und demselben männlichen Kehlkopfe vorgenommene Versuchsreihe:

Spannung der Stimmbänder in Lothen											
1 Loth.		2 Loth.		3 Loth.		4 Loth.		6 Loth.		8 Loth.	
Brustton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.	Ton.	Wassersäule des Manometers.
fis	2″	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
g	3″	g	2″	—	—	—	—	—	—	—	—
gis	5″	gis	4″	gis	2″	—	—	—	—	—	—
a	6″	a	6″	a	5″	a	2″	—	—	—	—
ais	8″	ais	7″	ais	8″	ais	5″	ais	7″	—	—
h	9″,5	h	8″	h	8″,5	h	7″	h	8″	h	6″
$\overline{\text{c}}$	10″	$\overline{\text{c}}$	10″	$\overline{\text{c}}$	9″,5	$\overline{\text{c}}$	8″	$\overline{\text{c}}$	9″	$\overline{\text{c}}$	8″
$\overline{\text{cis}}$	11″	$\overline{\text{cis}}$	12″	$\overline{\text{cis}}$	13″	$\overline{\text{cis}}$	10″	$\overline{\text{cis}}$	10″	$\overline{\text{cis}}$	10″
$\overline{\text{d}}$	12″,5	$\overline{\text{d}}$	13″	—	—	$\overline{\text{d}}$	13″	$\overline{\text{d}}$	12″	$\overline{\text{d}}$	12″
$\overline{\text{dis}}$	24″	$\overline{\text{dis}}$	24″	$\overline{\text{dis}}$	24″ u. mehr	$\overline{\text{dis}}$	24″ u. mehr	$\overline{\text{dis}}$	24″ u. mehr	$\overline{\text{dis}}$	24″ u. mehr

Soll ein und derselbe Ton durch Zunahme des Windes bei Abnahme der Spannung der Stimmbänder aus dem Piano in das Forte übergehen, so muß sich die Tension der Ligamenta vocalia mehr verkleinern, als sich der Luftdruck verstärkt. Dieses erhärten z. B. folgende Belege:

Gleicher an Stärke zunehmender Ton.	Vergrößerter Luftdruck in Centim. Wass.	Abnahme der Spannung der Stimmbänder in Lothen.	Gleicher an Stärke zunehmender Ton.	Vergrößerter Luftdruck in Centimetern Wasser.	Abnahme der Spannung der Stimmbänder in Lothen.	Gleicher an Stärke zunehmender Ton.	Vergrößerter Luftdruck in Centm. Wasser	Abnahme der Spannung der Stimmbänder in Lothen.
piano h	9—	2,25	piano $\overline{\text{d}}$	12	4,25	piano h	8	2,25
crescendo h	11—	1,25	crescendo $\overline{\text{d}}$	16	3,25	crescendo h	10	1,75
crescendo h	13—	0,75	crescendo $\overline{\text{d}}$	18	2,25	crescendo h	12	1,25
crescendo h	15—	0,50	crescendo $\overline{\text{d}}$	20	1,25	crescendo h	14	0,75
forte h	17—	0,25	forte $\overline{\text{d}}$	22	0,75	forte h	15	0,50

Es ergiebt sich mithin für den Uebergang des Piano ins Forte:

	Zunahme des Luftdruckes.	Abnahme der Spannung.
im ersten Falle . . .	1,9fache	9fache
im zweiten Falle . .	1,8fache	5,66fache
im dritten Falle . . .	1,875fache	4,5fache.

Wir haben schon früher gesehen, daß sich Müller zur Regulirung der seitlichen Compression der Stimmbänder und der Verkleinerung der Stimmritze eines besonderen Fig. 93 und 92 abgebildeten Compressoriums bediente. Obgleich es bei der ungleichen Spannung der aliquoten Theile der Stimmbänder meistentheils keine ganz fixen Resultate zu geben vermag, so ließ sich doch bisweilen mittelst desselben ein Einfluß des seitlichen Druckes auf die Höhe des Tones nachweisen. Wahrscheinlich rührt dieses davon her, daß sich mit der Vergrößerung der Pression eine bedeutendere Spannung oder Verkürzung der Stimmbänder und die Nothwendigkeit eines stärkeren Windes verbindet. Ein

Beispiel hierfür liefert folgende Versuchsreihe, bei welcher die Ligamenta vocalia gar keine künstliche Längenextension erlitten.

Ton.	Seitlicher Druck in Lothen.	Ton.	Seitlicher Druck in Lothen.	Ton.	Seitlicher Druck in Lothen.
$\overline{\text{h}}$	7	$\overline{\text{F}}$	5	$\overline{\text{cis}}$	3,5
$\overline{\text{a}}$	6	$\overline{\text{dis}}$	4,5	h	3
$\overline{\text{g}}$	6	$\overline{\text{d}}$	4	a	2,5
				g	2

In manchen Fällen hat die seitliche Compression der Stimmbänder bei gleichbleibender Longitudinalextension derselben keinen Einfluß auf die Höhe, wohl aber auf den Klang des Tones. Er bleibt nämlich bei einem bestimmten Werthe des Druckes rein und bekommt bei Verstärkung desselben eine gewisse gepreßte Schwäche, welche wir auch künstlich an unserem eigenen Stimmorgane nachahmen können [1].

Obwohl die Stimmbänder eines jeden Kehlkopfes, wenn sie ange- 920
sprochen werden, sowohl Brust- als Falsettöne angeben, so hat doch die absolute Länge derselben auf das häufigere Erscheinen der einen oder der anderen Stimmweise einen wesentlichen Einfluß. Am deutlichsten führen hierauf die Unterschiede, welche die Differenz der Geschlechter hervorruft. Die tieferen Register des Mannes, Baß und Tenor, verbinden sich mit einer größeren Länge, die höheren der Frau, Alt und Sopran, mit einer bedeutenderen Kürze der Ligamenta vocalia. Sowie bei Männern, die sich auf mangelhafte Weise geschlechtig entwickelt haben, der Kehlkopf kleiner und die Stimmbänder proportionell kürzer bleiben, erzeugt sich auch eine feine und hohe Stimmbildung, und umgekehrt wird diese nicht selten bei Mannweibern, bei welchen sich der Larynx stärker ausbildet, tiefer, so daß sie sich wenigstens innerhalb der Grenzen eines stärkeren Tenors zu bewegen vermag.

Müller [2] hat in dieser Beziehung die Stimmbänder des Mannes, der Frau und eines 14jährigen Knaben in ihrer Länge von den Vocalfortsätzen der Gießbeckenknorpel bis zu dem Schildknorpel vergleichungsweise sowohl im Zustande der Ruhe, als in dem der größtmöglichen Längenausspannung gemessen und hierbei folgende Endresultate erhalten.

Zustand.	Länge der Stimmbänder in Millimetern.								
	Mann.				Frau.				Vierzehnjähriger Knabe.
	Maximum	Minimum	Medium.	Zahl der Beobachtungen.	Maximum	Minimum	Medium.	Zahl der Beobachtungen.	
Ruhe.	21	16	18,5	4	14	12	12,66	3	10,5
Größte Längenausdehnung.	26	21	22,75	4	16	15	15,66	3	14,5

[1]) Müller über Compensation p. 29. 30.

[2]) Physiologie S. 200.

Hiernach verhielt sich durchschnittlich die Länge der männlichen Stimmbänder zu der der weiblichen im Zustande der Ruhe = 18,5 : 12,66 = 1 : 0,6843 und in dem der Anspannung = 22,75 : 15,66 = 1 : 0,6883, d. h. die Ligamenta vocalia des Mannes sind ungefähr ⅓ Mal so lang, als die der Frau. Bei dem ersteren beträgt das Medium der möglichsten Spannung 1,230, bei der letzteren 1,237 des gewöhnlichen erschlafften Zustandes. Die Verhältnisse des 14jährigen Knaben stehen noch, wie es sich auch theoretisch erwarten läßt, hinter denen der Frau zurück.

921 So klar auch die wesentlichsten Functionen der unteren Stimmbänder durch die neueren Untersuchungen von Lehfeldt, Cagniard-Latour und vorzüglich von Joh. Müller geworden sind, so dunkel bleiben noch die Thätigkeiten der meisten übrigen Theile der Stimmwerkzeuge. Offenbar bilden diese bloße Nebenapparate, welche zur Tönung überhaupt nicht absolut nothwendig sind. Denn manche von ihnen fehlen bei Thieren, welche eine sehr vernehmliche Stimmbildung besitzen. Bei dem Pferde und dem Esel z. B. werden die vorderen (oberen) Stimmbänder rudimentär, während sie, nicht aber die Morgagnischen Taschen bei dem Faulthiere fehlen. Beiderlei Gebilde endlich mangeln bei dem Schaafe, dem Ochsen, dem Schuppenthiere u. dgl. Daß wir aber die Bestimmung dieser Unterstützungswerkzeuge minder genau kennen, hat vorzüglich darin seinen Grund, daß die Akustik selbst über die Verhältnisse der tönenden Theile der musikalischen Instrumente eine genügendere Rechenschaft, als über die der Resonanz- und anderer Verstärkungsmittel zu geben vermag.

922 Die Morgagnischen Taschen machen die oberen und vorzüglich die unteren Stimmbänder frei, beseitigen auf diese Weise jedes Hinderniß der Schwingungen derselben, das ohne sie entstehen müßte, und verstärken, gleich den übrigen mitschwingenden Theilen der Kehlkopfshöhle, die Resonanz. Die Vibrationen ihrer Wandungen, sowie der in ihnen enthaltenen Luft lassen sich auch an künstlichen ähnlichen Vorrichtungen nachweisen (Cagniard-Latour). Der besondere Nutzen der oberen Stimmbänder ist bis jetzt noch nicht ganz klar. Lehfeldt [1]) erhielt durch sie bei dem Anspruche an ausgeschnittenen Kehlköpfen tiefere, durch die unteren Stimmbänder dagegen schärfere Töne. Jedoch scheint diese Differenz im Leben nicht in Wirksamkeit zu treten. Ebenso wenig compensiren sich die Ligamenta thyreo-arytaenoidea superiora und inferiora. Denn ein und derselbe Kehlkopf gab bei dem Anblasen den gleichen höchsten, durch das Maximum seiner Spannung erreichbaren Ton an, die Morgagnischen Ventrikel nebst den oberen Stimmbändern mochten vorhanden sein oder nicht (Joh. Müller) [2]). Savart [3]) findet in diesen nicht bloß Resonanzwerkzeuge, sondern auch Modificatoren der Stimmbildung, indem ihre stärkere Spannung den Ton erhöhen soll — eine Annahme, welche jedoch den oben erwähnten Müller'schen Beobachtungen widerstreitet.

923 Daß der Kehldeckel bei der Erzeugung stärkerer Töne mitschwinge, läßt sich an lebenden Thieren mit Bestimmtheit wahrnehmen (Magendie). Sein Einfluß auf den Klang der Stimme kann daher kaum einem Zweifel

---

[1]) a. a. O. p. 50. [2]) Ueber Compensation S. 30.
[3]) Annales de Chimie et Physique. Tome XXX. Paris, 1825. 8. p. 84.

unterliegen. Dagegen ist es noch unentschieden, ob die Epiglottis den Ton etwas zu erhöhen im Stande sei oder nicht. Müller[1]) fand keine wesentliche Differenz, wenn er in einen künstlichen nachgeahmten Kehlkopf einen Kehldeckel in entsprechender Weise befestigt oder herausgenommen hatte. Theoretisch ließe sich zwar, wenn die Epiglottis gleich einem Stopfer vor den Zungen des Kehlkopfes wirkte, ein Höherwerden des Tones erwarten. Allein auch ein solcher Erfolg trat kaum einige Male in merklicher Weise hervor[2]). Selbst ein anderer Nutzen, welcher sich mehr auf den Klang bezieht und den man dem Kehldeckel nach der Analogie der Verhältnisse der Zungenpfeifen zugeschrieben hat, bleibt noch zweifelhaft. Will man nämlich bei diesen den Ton durch einen stärkeren Wind voller machen, so wird er zugleich höher, sobald keine Compensation durch die Zungen von selbst Statt findet. Einem solchen Uebelstande vermag aber dadurch abgeholfen zu werden, daß man unmittelbar über den letzteren innerhalb der Pfeife, z. B. einer Orgelpfeife, ein weiches elastisches Blatt, ähnlich dem Kehldeckel, anbringt (Grenié). Man könnte sich hiernach vorstellen, daß die Epiglottis die Möglichkeit darbiete, den Ton zu schwellen, ohne daß er sich deshalb nothwendiger Weise erhöhte oder eine compensirende Abspannung der Stimmbänder erforderlich würde (Magendie)[3]). Diese Hypothese ist jedoch ebenso wenig bewiesen, als widerlegt. Denn daß der Ton durch stärkeres Blasen am todten Kehlkopfe mit oder ohne Epiglottis bis zu einer Quinte gesteigert zu werden vermag (Müller)[4]), ist wohl kaum bei der Complication der Verhältnisse als ein wesentliches Moment hervorzuheben.

Nach Mayer[5]) lassen sich die Veränderungen des Kehldeckels bei den verschiedenen Tonbildungen durch Anlegen des Fingers an die Epiglottis unmittelbar beobachten. Sie tritt nämlich bei tiefen Tönen weiter nach unten und kehrt ihren freien Rand nach oben, während sie sich bei den höchsten nach vorn begiebt, eine horizontalere Lage annimmt und sich an ihren Seitenrändern einrollt. Das letztere fand auch Noeggerath[6]) an dem oben (§. 909) erwähnten Manne, welcher eine Kehlkopffistel darbot.

Der Kehlkopf im Ganzen geht bei tiefen Tönen hinab, wird dagegen 924
umgekehrt bei sehr hohen emporgezogen. Diese Veränderungen beziehen sich aber mehr auf die Verhältnisse der Nachbartheile, als auf die der unteren Stimmbänder selbst.

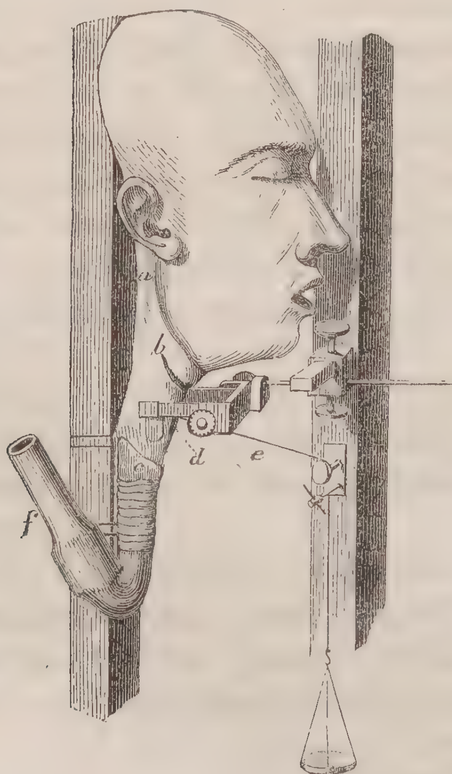
Abstrahirt man von der Stärke des Blasens, so können die Luft- 925
röhre und die Lungen, welche als Ansprucksrohr und Windlade des Stimmorganes wirken, keinen erheblichen Einfluß auf die Höhe der Töne ausüben. Die Länge des Stiefels ändert zwar den Ton bei

[1]) Physiologie S. 205. [2]) Ueber Compensation S. 31.
[3]) Physiologie S. 110. J. B. Biot Lehrbuch der Experimentalphysik oder Erfahrungs-Naturlehre, übersetzt von G. Th. Fechner. Zweite Auflage. Bd. II. Leipzig, 1829. 8. S. 144.
[4]) Physiologie S. 205.
[5]) Literarisches Archiv der Akademie zu Bern. Bd. IV. Heft I. Bern, 1814. 8. S. 54.
[6]) a. a. O. S. 7.

den Zungenwerken mit metallenen (Grenié)[1] oder Kautschuckzungen (Müller)[2] auf merkliche Weise. Allein bei den an menschlichen Kehlköpfen angestellten Versuchen zeigten sich keine sehr wesentlichen Differenzen, es mochte die Luftröhre selbst oder ein Holzcylinder als Anspruchsrohr dienen (Müller)[3]. Da nun zwar die Trachea, die Bronchi und die Bronchia contractil sind, deren Zusammenziehung aber keinen sehr hohen Grad zu erreichen vermag, so läßt sich höchstens annehmen, daß diese Verhältnisse nur in den äußersten Fällen als ein irgend erhebliches Compensationsmittel der Tonbildung gebraucht werden. Inwiefern übrigens die verschiedenartigen Schwingungen der Knorpelringe und der zwischen und neben ihnen befindlichen Weichgebilde die Stimmbildung eigenthümlich gestalten, ist unbekannt. Ebenso bedarf die Hypothese, daß die Schilddrüse, wenn sie durch die Sternohyoidei und Sternothyreoidei an die Luftröhre gedrückt wird, als Dämpfer wirke (Ch. Bell)[4], näherer begründender Thatsachen in hohem Grade.

926 Der oberste Theil der Schlundhöhle hat mit seinem doppelten Ausläufer, der Mund- und der Nasenhöhle, nur auf den Klang, nicht aber die Höhe des Tones einen Einfluß. Dieses zeigt sich schon an einem mit Kautschuckzungen versehenen künstlichen Kehlkopfe. Der Ton behält unter sonst gleichen Verhältnissen dieselbe Höhe, es mag ein einfaches oder doppeltes Ansatzrohr vorgeschoben sein. Ebenso bestätigt es sich auch, wenn man die Luftröhre eines noch möglichst vollständigen Kopfes anspricht und nur die Stimmbänder die gehörige Spannung und die Stimmritze die nothwendige Schmalheit haben. Der Klang der Stimme wird dann bisweilen vollkommen der des lebenden Menschen ähnlich (Müller)[5].

Fig. 94.



Der Apparat, dessen man sich für diese verwickelteren Versuche bedient, kann keineswegs bei der Complicirtheit der Verhältnisse diejenige Präcision, welche an isolirten Kehlköpfen mit oder ohne die über den unteren Stimmbändern liegenden Theile möglich ist, erlangen. Müller entfernt behufs solcher Untersuchungen die Halswirbel und den hinteren Theil des Schädels, sticht durch die Gießbeckenknorpel eine Nadel durch und umschlingt sie auf die schon früher erwähnte Weise mit Faden, um die Glottis respiratoria zu schließen. Nun kommt das Ganze an den Figur 94 dargestellten Apparat. Der unverletzte Pharynx ruht an dem Pfeiler. Unter dem Zungenbeine b und über dem Ringknorpel c wird ein Compressorium d, welches die Stimmbänder seitlich zusammendrückt, angebracht. Die Wirksamkeit dieses Theiles des Apparates muß dann nach Verschiedenheit der Umstände modificirt

[1]) Biot a. a. O. S. 145. Magendie a. a. O. p. 108.
[2]) Physiologie S. 202. [3]) Ebendaselbst S. 202—204.
[4]) Philosophical Transactions for the Year 1832. London, 1832. 4. p. 302.
[5]) Müller Physiologie S. 204. Ueber Compensation S. 30.

werden. Von dem oberen Theil des Schildknorpels geht ein Faden e, welcher über einer Rolle läuft und zu einer Wagschaale mit Gewichten führt. An die Luftröhre kommt ein Anspruchsrohr f. Auf diese Weise können die Stimmbänder immer mehr angespannt und höhere Tonreihen erzielt werden. Will man die tiefere Bruststimmbildung hervorbringen, so gelangt man noch nicht zum Zwecke, wenn man nur den Zugfaden e hinwegläßt. Denn selbst in diesem Falle bleiben die Stimmbänder durch die Schwere der darüber liegenden Theile und die Elasticität des Ligamentum crico-thyreoideum medium zu sehr gespannt. Es wird daher eine künstliche Erschlaffung der Ligamenta vocalia durch einen von dem Schildknorpel ausgehenden Gegenfaden, wie dieses §. 912 geschildert worden, nothwendig.

Durch immer zunehmende Spannung der Bänder stiegen auf diese Weise die Töne von $\overline{e}$ bis $\overline{\overline{\overline{dis}}}$, während sie durch künstliche Abspannung von $\overline{dis}$ bis H herabgingen. Von Vocalen gelangen dann durch entsprechende Veränderungen der Mundöffnung a und u, von Konsonanten durch Bewegung der Lippen m und w.

Der Umfang, dessen das menschliche Stimmorgan fähig ist, fällt bei 927
verschiedenen Personen verschieden aus. Schon die tägliche Erfahrung lehrt, daß die Töne der Kinder und Frauen höher als die des Mannes liegen, daß sich jene mehr der Halsstimme und dem Falset, diese der Bruststimme und dem Baß nähern. Sucht man diese Verhältnisse nach den Forderungen der Musiker genauer zu bestimmen, so reicht der Sopran von $\overline{\overline{\overline{c}}}$ bis $\overline{c}$ oder angeblich von $\overline{\overline{\overline{f}}}$ bis $\overline{\overline{c}}$ [1]), der Mezzo-Sopran von $\overline{\overline{a}}$ bis $\overline{e}$, der Alt von $\overline{\overline{f}}$ bis $\overline{f}$, der Tenor von $\overline{\overline{c}}$ oder $\overline{a}$ bis c, der Baryton von $\overline{f}$ bis A und der Baß von a bis E. Hiernach umfaßt also der Sopran 2 bis $2\frac{3}{7}$, der Mezzo-Sopran $1\frac{4}{7}$, der Alt 2, der Tenor 2 bis $1\frac{6}{7}$, der Baryton $1\frac{6}{7}$ und der Baß etwas mehr als 2 Octaven. Eine zum Singen taugliche Stimme kann sich innerhalb 2 bis $2\frac{1}{2}$ Octaven in reinen musikalischen Tönen bewegen. Ausnahmsweise steigen dann noch die Grenzen weit höher, und ausgezeichnete Sängerinnen, wie z. B. die Catalani, erreichten selbst $3\frac{1}{2}$ Octaven. Die Sessi konnte von $\overline{\overline{\overline{f}}}$ bis c hinabgehen. Starke Bassisten gelangen bisweilen zu sehr tiefen Tönen, so z. B. der ältere Fischer zu $\underline{F}$ (Muncke) [2]), d. h. fast eine Octave tiefer, als der gewöhnliche Baß.

Die Zahl der Schwingungen, welche bei den Tönen des mensch- 928
lichen Stimmorganes zu Stande kommen, läßt sich höchstens annähernd bestimmen. Hält man sich nämlich an die neueren Resultate, welche durch die Syrene von Cagniard la Tour und das Räderwerk von Savart [3]) geliefert worden, so giebt das a der gewöhnlichen Stimmgabel oder das $\overline{a}$ des Gesanges 880 einfache Schwingungen in der Secunde. Diese Zahl reducirt sich bei dem nächsten tieferen entsprechenden Octaventone auf die Hälfte, bei dem folgenden höheren auf das Doppelte. Die in jeder Oc-

---

[1]) Diese Annahme rührt von Muncke her. Es ist mir jedoch in der Erfahrung kein sicherer Beleg der Art bis jetzt bekannt geworden.

[2]) Gehler's physikaliches Wörterbuch Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 386.

[3]) Darstellungen dieser nicht ferner hierher gehörenden Apparate finden sich in Pouillet Lehrbuch der Physik und Meteorologie für deutsche Verhältnisse frei bearbeitet von Joh. Müller. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 51—55. Fig. 601—607. Vergl. auch Gehler's physikalisches Wörterbuch Bd. VIII. Fig. 144. 45.

tave zwischenliegenden Töne aber gestalten sich dann, wenn der Grundton x Schwingungen macht, nach folgenden Cardinalwerthen:

a	h	c	d	e	f	g	$\bar{a}$
x	1,125 x	1,25 x	1,33 . . . x	1,5 x	1,66 . . x	1,875 x	2 x

Legen wir diese Verhältnisse als approximative zum Grunde, so ergiebt sich die nachfolgende Berechnung der Schwingungsmenge der Tonhöhen, in welchen das menschliche Stimmorgan in der Regel aufzutreten vermag:

Stimmweise.	Grenze der Töne.	Zahl der Schwingungen in der Secunde.
Sopran.	$\bar{\bar{\bar{c}}}$ bis $\bar{c}$	2075 bis 550.
	$\bar{\bar{\bar{f}}}$ bis $\bar{c}$	2766,6 bis 550.
Mezzo-Sopran.	$\bar{\bar{a}}$ bis $\bar{e}$	1660 bis 660.
Alt.	$\bar{\bar{f}}$ bis $\bar{f}$	1466,6 bis 733,3.
Tenor.	$\bar{\bar{c}}$ bis c	1100 bis 275.
	$\bar{a}$ bis c	880 bis 275.
Baryton.	$\bar{F}$ bis A	733,3 bis 220.
Baß.	a bis E	440 bis 165.

Natürlicher Weise sind dieses noch nicht die bei einzelnen seltenen Individuen möglichen Größen. Denn das oben erwähnte $\underline{F}$ des Bassisten Fischer giebt 91,6 Vibrationen, während es wahrscheinlich sehr ausgezeichnete Sängerinnen bis circa 4000 Oscillationen bringen können.

Nimmt man an, daß die Stimme der Männer in der Regel von g bis $\bar{\bar{g}}$, die der Frauen dagegen von $\bar{d}$ bis $\bar{\bar{\bar{c}}}$ geht, so macht die erstere 412,5 bis 1650, die letztere dagegen 586,6 bis 2075 Schwingungen in der Secunde [1]).

929 Die über die Stimmbildung des Menschen und der höheren Thiere herrschenden Vorstellungen wechselten in ihrer definitiven Begründung je nach dem Fortschritte der akustischen und physiologischen Kenntnisse. Es läßt sich gegenwärtig mit Bestimmtheit annehmen, daß die unteren Stimmbänder ein Zungenwerk, dessen Tönung durch die Schwingung der Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora und die isochronischen Stöße der durch die Stimmritze hervordringenden Luft bedingt wird, darstellen [2]). Die übrigen Theile dagegen bilden das Anspruchsrohr und die Ansatz-

---

[1]) Nach Pouillet-Müller (a. a, O. S. 55) würden die Schwankungen des menschlichen Stimmorganes 396 bis 2113 betragen.

[2]) A. Seebeck in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. S. 76. 77.

oder Verstärkungs- oder Resonanzapparate. In Betreff ihrer müssen noch von der Zukunft wesentliche Detailaufschlüsse erwartet werden.

Prüfen wir die verschiedenen Theorien, welche seit den letzten anderthalb Jahrhunderten aufgestellt worden und auf vorausgehenden Versuchen beruhten, genauer, so finden wir, daß die Verschiedenheit der Worte, welche zu ihrer Bezeichnung gebraucht wurde, größer als die der Anschauungen, welche man durch sie selbst wiedergeben wollte, erscheint. Denn die letzteren reduciren sich am Ende darauf, daß man entweder die Durchmesserverhältnisse der Stimmritze oder die Spannung der Stimmbänder für das Wesentliche ansah. Abstrahiren wir von den älteren auf keinen bestimmten Versuchsreihen basirten Ansichten [1]), so suchte zuerst Ferrein [2]) durch künstlichen Anspruch der Kehlköpfe des Menschen, des Hundes, des Ochsen und des Schweines zu zeigen, daß die auf diese Weise hervorzubringenden Töne denen der entsprechenden lebenden Geschöpfe in hohem Grade gleichen und die einzelnen Unterschiede derselben nicht sowohl von der Größe der Stimmritze, als der Spannung der Stimmbänder herrühren. Er verglich daher die letzteren mit Saiten und sah in dem Stimmorgane eine Combination eines Saiten- und Blasinstrumentes, wie es bis jetzt noch nicht auf künstlichem Wege construirt worden. Im Grunde genommen betrachtete aber auch Ferrein [3]) die Schwingungen der Stimmbänder und die isochronischen Stöße der Luftsäule als die Ursachen der Tonbildung. Eben so schrieb Chladni die letztere der Reibung der Luft bei dem Durchgange durch die Glottis und den dadurch erzeugten Vibrationen der Ligamenta vocalia zu und verglich später [4]) das Stimmorgan geradezu mit einem Zungenwerk. Liskowius [5]) dagegen suchte durch eine Reihe von Versuchen die schon früher von Fabricius ab Aquapendente und Dodart geäußerte Vorstellung, daß die Glottis das wesentliche Stimmwerkzeug sei, zu stützen. Die Größe und Form der Stimmritze stelle die Ursache, die Schwingung der Stimmbänder dagegen die Folge der Tonbildung dar. Diese Beobachtungen wurden später von Lehfeldt [6]) und Joh. Müller widerlegt, und allmählig vereinigten sich die Ansichten von Biot, Magendie, Cagniard-Latour, Malgaigne, R. Willis, G. Weber, Joh. Müller, Seebeck dahin, daß wir im Wesentlichen in unserem Stimmorgane ein Zungenwerk in der oben geschilderten Weise besitzen. Zur Befestigung dieser Ansicht trug noch bei, daß Henle und Joh. Müller tönende Zungen aus elastischen thierischen Häuten, z. B. aus den Wandungen der Arterien construirten und Cagniard-Latour und Joh. Müller passende künstliche Nachahmungen von Kehlköpfen verfertigten [7]). In neuerer Zeit sprach nur Duttenhofer für einen größeren Antheil der Luftschwingungen an der Stimmbildung. Die von Savart [8]) aufgestellte Theorie, daß die Vibrationen der Kehlkopfventrikel und besonders der in ihnen enthaltenen Luft den Ton hervorbringe, hatte sich mit theilweiser Ausnahme von Bennati keiner besonderen Anhänger zu erfreuen.

Jeder Mensch bringt bei den gewöhnlichen Thätigkeiten seiner Stimm- 930
werkzeuge die mittleren ihm möglichen Tonbildungen hervor, weil diese am leichtesten erzeugt und mit der geringsten Anstrengung längere Zeit hindurch wiederholt werden können. Daher auch der Mann meistentheils seine Tenor-, die Frau dagegen ihre Alttöne gebraucht. Während aber die Höhe von diesen in geringerem Umfange wechselt, charakterisirt sich

---

[1]) Eine Zusammenstellung derselben findet sich bei C. Lehfeldt, Nonnulla de vocis formatione. Berolini, 1835. 8. p. 26 fgg.
[2]) Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année 1751. Paris, 1754. 4. p. 417.
[3]) a. a. O. p. 52 u. p. 416.
[4]) Gilbert's Annalen der Physik und physikalischen Chemie. Bd. XVI. S. 188.
[5]) K. F. S. Liskowius, Theorie der Stimme. Leipzig, 1814. 8. S. 28—37.
[6]) a. a. O. S. 59. 60.
[7]) Abbildungen des von Müller angegebenen künstlichen Kehlkopfes finden sich in dessen Schrift: Ueber Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan. Taf. IV. Fig. 37—39. und in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Taf. I. Fig. 31.
[8]) Annales de Chimie et Physique. Tome XXX. 1825. 8. p. 64—87.

die **Stärke** und der **Klang** der Stimme bei jedem Menschen auf eigenthümliche Art, weil diese Momente von der Kraft und dem Gebrauche der Lungen, der Größe des Kehlkopfes und der Beschaffenheit des Mund- und Nasenkanales abhängen.

Natürlicher Weise werden die Stimmbänder nur dann tönen, wenn alle Bedingungen, welche für Zungenwerke nothwendig sind, eintreten. Kann z. B. die Stimmritze nicht mehr spaltenartig verengt werden, so wird keine ordentliche Tonbildung, sondern höchstens ein Rasseln oder schnarchendes Tönen bei starkem Anspruche möglich sein. Da solche Stimmfehler durch Abnormitäten der Muskeln, die Thätigkeit von diesen aber durch krankhafte Zustände der oberen und unteren Kehlkopfsnerven meistentheils bedingt werden, so werden sie, wie einzelne andere der bald zu erwähnenden Verhältnisse, in der Physiologie des Nervensystemes ihre Erläuterung finden. Ist umgekehrt die Stimmritze möglichst verengt, so müssen alle Töne, welche durch irgend hinreichend starken Wind erzeugt werden, hell, fein und gellend sein und je nach der plötzlichen Verstärkung des Anspruches oder der momentanen Abspannung der Stimmbänder augenblicklich überspringen. Eine ungleiche Anspannung der beiderseitigen Ligamenta vocalia muß je nach der Größe und Form der Stimmritze entweder Stimmlosigkeit oder unreine Tonbildungen zur Folge haben. Jede Zerstörung der Stimmbänder, jedes Moment, welches die Unmöglichkeit ihrer gehörigen Spannung bedingt, wird die Stimme sogleich afficiren oder bis zur Lautlosigkeit herabsetzen. Eben so scheint auch eine gehörige Bekleidung dieser Zungen mit Schleim zur Normalthätigkeit nothwendig zu sein. Wenn z. B. in den pathologischen Werken angenommen wird, daß die Heiserkeit oder Stimmlosigkeit, welche wir im Anfange von Katarrhen, bei Kehlkopf- oder Luftröhrenentzündung u. dgl. wahrnehmen, von der Trockenheit der Stimmbänder herrühre, so widerspricht eine solche Ansicht den physiologischen Kenntnissen. Allerdings geben künstliche Zungen, welche z. B. aus Arterienhäuten verfertigt sind, sobald die letzteren vertrocknen, keine Töne mehr an. Dasselbe ist auch, wie wir §. 910 gesehen haben, bei dem Anspruche des ausgeschnittenen Kehlkopfes unter ähnlichen Verhältnissen der Fall. Wenn aber selbst alle Schleimabsonderung mangelte, so könnten doch die Stimmbänder nie austrocknen, weil sie fortwährend Ernährungsflüssigkeit zugeführt erhalten und die ausgeathmete Luft mit Wasserdampf gesättigt ist. Inwiefern aber der Schleimüberzug derselben auf die Tönung einwirke, ob er nicht, sobald er eine bedeutendere Consistenz erhält, dämpft oder sogar die Schwingungen vermindert, ist noch genauer zu prüfen. Daß z. B. Schleimanhäufungen auf oder Kalkabsätze in den Stimmbändern die letztere Wirkung hervorrufen, versteht sich von selbst.

Jede Abweichung der modificirenden oder resonirenden Stimmapparate muß natürlich die Tonbildung verändern. Gerade in dieser Beziehung hat die ärztliche Erfahrung bis jetzt weniger genau geprüft oder durch phantastische Vorstellungen mehr geschadet als genützt. Eine Ueberfüllung der **Morgagnischen** Ventrikel mit Schleim oder Eiter wird natürlich Heiserkeit zur Folge haben. Jede Krankheit der Luftröhre und der Lungen, welche die Bildung eines gehörig starken Windes verhindert, muß sogleich die Töne schwächen oder unmöglich machen. Sind die Kehlkopfknorpel verknöchert, so erhalten jene etwas Dumpfes und auffallend Resonirendes, oder werden auch wohl zischend (**Soemmering**)[1]. Wird der Rachendurchgang durch eine bedeutende Anschwellung der Mandeln zu eng und geben seine Theile den Stößen zu wenig nach, so wird die Resonanz der Stimme diese Verhältnisse sogleich anzeigen. Sie klingt ähnlich, als wenn fremde analoge Widerstände bedingende Körper, z. B. Klöße, im Munde wären. Eben so müssen abnorme Oeffnungen im harten Gaumen oder Zerstörungen des weichen Gaumens, des Knochengerüstes der Nase u. dgl. den Klang der Stimme näselnd machen und bis zur Unkenntlichkeit modificiren. Allein bis jetzt hat die praktische Medicin alle ihr zu Gebote stehenden Erscheinungen mehr nach der unmittelbaren Erfahrung als wissenschaftlich studirt. Einen deutlichen Beleg hierfür liefern z. B. die verschiedenen Angaben, welche über die Folgen der Verschwärung des Kehldeckels gemacht worden.

---

[1]) **S. T. Soemmering**, de corporis humani fabrica. Tom. VI. Traj. ad Moen. 1801. 8. p. 117.

Nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen könnte diese nur in den §. 918 erwähnten Ausnahmsfällen die Höhe der Töne afficiren. Sie müßte aber immer auf den Klang von Einfluß sein. Die ärztliche Erfahrung hat jedoch bis jetzt noch keine irgend genaueren Versuche, welche auch auf die physiologischen Vorstellungen einwirken könnten, in dieser Hinsicht geliefert.

Daß die Entfernung des die freie Schwingung der Stimmbänder oder die Resonanz hindernden Schleimes die Abnormität der Stimme verbessere, versteht sich von selbst. Ob aber schleimige Substanzen, wie Zuckerlösung, Gerstenschleim u. dgl., welche wir bei Katarrhen zur Erleichterung des Auswurfes nehmen, wie behauptet worden (Mayer)[1], durch den hintersten Theil der Glottis respiratoria in die Luftröhre hinabgehen und so durch ihren unmittelbaren Reiz Expectoration bewirken, steht dahin.

Die stethoskopische Untersuchung der Stimme kann uns in verschiedenen Krankheiten mehrfache Aufschlüsse geben. Natürlicher Weise müssen die Luftröhre, die Bronchi und die Bronchia mit der in ihnen enthaltenen Atmosphäre eine secundäre Consonanz der Stimmtöne um so eher veranlassen, je fester ihre Wandungen sind und je weniger sie ausweichen. Diese Bedingungen sind der Knorpelringe wegen in der Luftröhre und den Bronchis eher als in den Bronchiis erfüllt. Wir hören daher die Stimme am Thorax schwächer, selbst wenn wir das Stethoskop ansetzen, oder sie tönt nur an einzelnen Stellen stark und mit eigenthümlichem brummenden Timbre. So wie dagegen Veranlassungen, welche eine größere Verdichtung oder Resonanz bedingen, z. B. durchgreifende zusammenhängende Exsudate, Verhärtungen in den Lungen u. dgl. existiren, kann sich die Resonanzerschütterung dergestalt verstärken, daß man sie nicht nur durch das Stethoskop besser wahrnimmt, sondern daß auch die Vibrationen dem angesetzten Ohre oder der aufgelegten Hand deutlich fühlbar werden. Größere, mit dichteren Wandungen versehene Höhlungen bilden eigene Resonanzwerkzeuge, welche sich eben durch ihren Wiederhall bei der Auscultation charakterisiren. Ueber diese Verhältnisse s. J. Skoda, Abhandlung über Percussion und Auscultation. Zweite Auflage. Wien, 1842. 8. S. 30 fgg.

Die musikalischen Tonbildungen unseres Stimmorganes charakteri- 931
siren sich vorzüglich dadurch, daß die beabsichtigten Töne möglichst rein hervorgebracht, die durch die Normen der Musik vorgeschriebene Zeitdauer ausgehalten, in berechneten Zwischenräumen ausgestoßen und mit den passenden Graden von Stärke und Klang modulirt werden. Es entsteht auf diese Weise der Gesang, bei welchem daher ein gutes geübtes Stimmorgan, ein musikalisches Gehör, Aufmerksamkeit auf die gegebenen Tonweisen und Geist und Gemüth, um die letzteren ausdrucksvoll wiederzugeben, concurriren. Ein nicht sehr ausgebildeter Stimmapparat erfüllt schon meist deshalb nicht diese Erfordernisse, weil sein Umfang zu klein ausfällt und Töne, die z. B. die Grenzen von 1 bis 1½ Octaven überschreiten, unrein, zischend oder kreischend oder gar nicht mehr hervorgebracht werden. Daß ähnliche Uebelstände bei krankhaften Zuständen der Stimmwerkzeuge eintreten, versteht sich von selbst. Allein wenn sogar keine Hindernisse der Art existiren, kann der Mangel eines musikalischen Gehöres, der entweder in ursprünglichen Verhältnissen des Gehörorganes oder in fehlerhafter Erziehung zu liegen vermag, alle irgend bedeutungsvollen Versuche zum Singen vernichten. Es giebt Menschen, die bei dem Sprechen eine sehr schöne Stimme besitzen, denen aber jeder wohlklingende Gesang aus den eben angeführten Gründen unmöglich wird.

In noch bedeutenderen Wettstreit aber treten hier wie überall Schule und Geist. Individuen, deren höhere Fähigkeiten keinen bedeutenden Grad

---

[1]) F. J. C. Mayer, neue Untersuchungen aus dem Gebiete der Anatomie und Physiologie. Bonn, 1842. 4. S. 6.

erreichen, können so singen, daß die strengsten Forderungen der Theorie befriedigt werden, ohne daß ihr Vortrag irgendwie anspricht und das Kalte, Unbeholfene, welches alles Gemüthlose begleitet, überwindet. Tritt dieser Unterschied schon bei dem bloßen Spielen musikalischer Instrumente, vorzüglich der ausdrucksvolleren, wie der Violine, des Violoncell u. dgl. deutlich hervor, so ist der größte Spielraum für solche Wirkungen in unserem Stimmorgane gegeben. Nicht nur der Mangel an Geist, sondern jede eigenthümliche Richtung desselben, jede Affectation, jede beherrschende Leidenschaft hallen hier dem aufmerksamen Zuhörer, wenn er selbst kein Musiker ist, deutlich wieder. Aus diesem Grunde entschädigen auch immer talentvollere Sänger und Sängerinnen für die Fehler der Schule durch die höheren Regungen, welche sie veranlassen, in hinreichendem Maaße.

932 Die Verschiedenheiten der Gesangweisen, welche wir bei Kindern und erwachsenen Frauen und Männern antreffen, beziehen sich zwar ebenfalls auf die Höhe der Töne. Kinder und Frauen halten sich in der Regel, wie schon angeführt wurde (§. 927), in Discant oder Sopran und Alt, Männer dagegen in Tenor und Baß. Als Mittelbildung der ersteren erscheinen der Mezzo-Sopran, als solche des letzteren der Baryton. Allein nicht diese Momente, sondern der eigenthümliche Klang (Timbre) der Stimme ist hierbei die Hauptsache. Gleichwie die besondere Beschaffenheit und Stellung der einzelnen Stücke jedem musikalischen Instrumente seine individuelle Tönung verleiht, wie diese mehr von den resonirenden Nebentheilen als von den Spannungsverhältnissen selbst abhängt, so ist das Gleiche bei unserem Stimmorgane der Fall. Deshalb bietet auch jeder Mensch in dieser Beziehung Eigenthümlichkeiten dar, welche die Akustik, wie bei den musikalischen Instrumenten, nur dann genügend erklären könnte, wenn die nothwendigen Präliminarversuche über die schwingenden Substanzen und Räume selbst gegeben wären.

933 Im Allgemeinen gilt wahrscheinlich als Regel, daß kleinere Kehlköpfe mit kürzeren Stimmbändern und weniger winkligem Schildknorpel zu höheren Tönen geeigneter sind. Diese Bedingungen sind zunächst im Kindesalter realisirt. Der Discant mit seinem eigenthümlichen zarten Klange bildet daher hier die regelmäßige Gesangweise. Vergrößert sich aber der Kehlkopf zur Pubertätszeit, werden hierdurch die Stimmbänder länger, die Stimmritze größer, die nächsten Resonanzstücke fester und umfangreicher und der Winkel des Schildkorpels spitzer, so ändert sich auch die Stimmbildung. Sie wird bei dem Manne tiefer und rauher, weil hier die genannten Metamorphosen weit stärker als bei der Frau eingreifen. Während der Uebergangszeit aber sind die Töne, welche hervorgebracht werden, minder rein, oft heiser und meist von geringerem Umfange, d. h. die Stimme bricht sich. Die Zeitdauer dieses Ueberganges fällt übrigens bei verschiedenen Menschen sehr verschieden aus. Nach derselben kann eine Stimme um mehrere Töne an Umfang gewinnen. Dieser Vortheil tritt meist bei sehr ausgezeichneten Sängern oder Sängerinnen in ziemlich auffallender Weise hervor.

Mit zunehmendem mittleren Alter gewinnt die Stimme immer mehr

an Kraft und Festigkeit, bis sie endlich später wieder abnimmt, unsicherer, zitternder und zum Gesange untauglich wird. Die letzteren Verhältnisse bedürfen noch speciellerer Detailuntersuchungen. Wahrscheinlich übt das Aufhören der Menstruation auf die Stimme der Frauen, wenn sie nicht schon früher ruinirt worden, einen wesentlichen Einfluß aus.

Für die Ausbildung der Stimme gilt die Vorschrift, daß man während des Brechens derselben allen Gesang unterlasse. Das Singen ist zwar dann oft nicht unmöglich. Allein indem hierbei die regelrechte Entwickelung durch zu große Anstrengung gestört wird, erlangen die späteren bleibenden Töne weder einen großen Umfang, noch einen angenehmen Klang. Ein Bruder des Componisten Donizetti beging die Unvorsichtigkeit, die Gesangstudien während jener Uebergangsperiode fortzusetzen und verlor seine Stimme, während sich diese bei einem ähnlich begabten Mitschüler desselben, welcher zu jener Zeit ruhte, auf das Schönste entwickelte (Bennati)[1].

Wird die geschlechtige Entwickelung auf irgend eine Weise gehemmt, so fehlt auch die gleichzeitig eintretende Ausbildung des Kehlkopfes. Die Stimme bleibt daher fein und hoch und erlangt selbst nicht das Angenehme und Volle, welches die gewöhnlichen Frauenstimmen darbieten. Jene Tönung der Stimmwerkzeuge, die man, wenn man sie ein Mal gehört hat, sogleich wieder erkennt, jene Fistelsprache oder bei geringerem Grade jenes augenblickliche Ueberspringen aus den gewöhnlichen hohen Fisteltönen in eine tiefe Baßstimme kann uns oft als Merkmal dienen, um seit früher Jugend impotente Männer, welche häufig sehr groß und selbst muskulös oder fett sind, zu erkennen. Bekanntlich hat auch das menschliche Raffinement diese Verhältnisse zu benutzen gesucht, indem es Castraten zu öffentlichen Sängern gebrauchte. Allein wenn diese auch die Höhe der Kinderstimmen um so eher beibehalten, je früher sie verschnitten worden, so besitzt doch ihr Gesang für jeden gesunden Sinn etwas sehr Widerliches und Abstoßendes, weil ihm der schöne Klang guter Discant- oder Sopranstimmen fehlt und seinen feinen Tönen etwas Schrillendes beigemischt ist. Als Ursache dieses Uebelstandes läßt sich mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß einerseits die Größe der Brust und anderseits die der resonirenden Ansatztheile, der Mund- und Nasenkanäle, mit der Kleinheit des Kehlkopfes in keinem gehörigen Verhältnisse stehen. Denn die Entwickelung jener Nebenapparate wird nicht durch den Mangel der Hoden in demselben Grade, wie die des Larynx aufgehalten (Liskowius)[2].

Bei dem Gesangunterrichte unterscheidet man in der Regel die Brust-, 934
die Hals- und die Kopfstimme. Jene umfaßt die tieferen Tonbildungen, während sich die beiden letzteren auf die höheren beziehen. Wiewohl aber diese Differenz praktisch mehr oder minder hervortritt, so bezieht sie sich doch eher auf Nebenverhältnisse des Klanges und der scheinbaren Erzeugung der Töne, als auf tiefere Eigenthümlichkeiten derselben. Die Halsstimme fängt keineswegs erst da an, wo die Bruststimme aufhört, sondern es giebt Töne, welche bei gehöriger Uebung mit beiderlei Stimmweisen von demselben Individuum gesungen werden können. Der Unterschied zeigt sich äußerlich in der Geschwindigkeit, mit welcher ungefähr dasselbe Quantum Luft behufs der Modulation des gleichen Tones hervorgestoßen wird. Athmete z. B. ein Sänger möglichst tief ein und sang dann eine bestimmte Note mit der Bruststimme, bis er alle disponible Luft verbraucht hatte, so machte indeß das Metronom 24 bis 26 Schwingungen, während sich unter den analogen Verhältnissen nur 16 bis 18 Oscillationen zeigten, wenn derselbe Ton mit der Fistelstimme gesungen wurde (Manuel Garcia)[3].

---

[1]) Annales des sciences naturelles. Tome XXIII. Paris, 1831. 8. p. 53.
[2]) a. a. O. S. 54.
[3]) Gazette médicale de Paris. Tome IX. Paris, 1841. 4. p. 270.

Die Unterscheidung der Hals- und der Kopfstimme ist noch relativer. Sie beruht nur auf dem verschiedenen Gebrauche der Resonanzwerkzeuge, welche über den Stimmbändern liegen.

Die Differenz der Brust- und der Fistelstimme tritt im Allgemeinen bei dem Manne schärfer als bei der Frau hervor.

Jedes der beiden Hauptregister der Brust- wie der Fisteltöne kann auf zweifache Art modulirt werden, entweder hell (Voix clair, Voix blanche) oder gedämpft oder verhüllt (Voix sombrée). Diese Modificationen werden durch Veränderungen der Resonanzapparate bewirkt. Bei der hellen Stimme nämlich hebt sich der Kehlkopf, sobald die Töne höher werden. Das Gaumensegel dagegen behält constant eine niedergesenkte Lage. Bei der gedämpften Stimme verharrt der Larynx in seiner tiefen Lage und das Gaumensegel erscheint emporgezogen. Der erstere steigt höchstens ein wenig, sobald die feineren Töne der Kopfstimme hervorgebracht werden (Garcia).

Eine eigenthümliche Erscheinung zeigt sich endlich bei einem besondern Register, welches in neuerer Zeit mit dem Namen des Contre-Basses bezeichnet worden, und welches russische Sänger bei religiösen Vorträgen gebrauchen. Statt daß nämlich der Kehlkopf bei den tiefen Brusttönen hinabgeht, soll er im Gegentheil bei den tiefsten Noten dieses Contrebaßregisters so hoch als möglich emporgezogen werden (Garcia). Jedoch bilden sich hierbei leicht sehr rauhe Stimmweisen, welche eher Thierlauten gleichen (Magendie, Savary, Dutrochet) [1].

Wie wir zum Theil schon früher (§. 912) sahen, lassen sich mehr Register, als der lebende Mensch in reinen Tönen hervorzubringen im Stande ist, durch Ansprechen der Stimmbänder des todten Kehlkopfes erhalten. Auf diese Weise ergaben sich z. B. als beiderseitige Grenzen H und $\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}$, d. h. 3²/₇ Octaven, mithin eine Weite, welche nur den ausgezeichnetsten Sängern möglich ist. Der Grund dieser größeren Beschränkung im Leben liegt wahrscheinlich darin, daß nicht die Muskeln des Kehlkopfes jene hohen Grade von Anspannung und vorzüglich von Abspannung der Stimmbänder erzeugen können, welche man an dem todten Kehlkopfe durch Veränderung der Stellung des Schildknorpels zu bedingen vermag. Daß aber das Register vorzüglich nach oben bei jedem Menschen bedeutend in die Höhe getrieben werden könne, werden wir in der Folge bei Erläuterung des Schreiens finden.

Viele Erscheinungen, welche uns bei Gesangübungen häufig begegnen, erklären sich leicht aus den Normen der Muskelthätigkeiten, welche wir in der Lehre von den Bewegungen kennen gelernt haben. Ein Mensch, der zu singen anfängt, detonirt leicht, weil die Muskeln seines Kehlkopfes noch nicht die gehörige Uebung besitzen, um auf entsprechende Weise die Stimmbänder zu spannen und die Glottis einzurichten. Eben so ist er im Anfange genöthigt, manche Töne durch die Kopfstimme hervorzubringen, welche er später mittelst der Halsstimme zu erzeugen im Stande ist. Aus demselben Grunde erweitert sich auch in manchen Fällen der Umfang seiner Stimme, wenn er im Gesange fortschreitet. Er lernt zugleich aus einem Register in das andere überspringen, um heterogene entfernt liegende Töne rasch hinter einander folgen zu lassen. Sind aber die Muskeln eines Sängers zu sehr angestrengt worden, so ermüden sie nicht nur leicht, sondern gehorchen auch schwerer seinem Willen. Die Stimme zittert oder detonirt dann fast eben so leicht wie bei einem Anfänger, oder versagt sogar fast gänzlich.

Nach einigen Gesanglehrern sollen bisweilen bei stärkeren Anstrengungen des Singens Nebentöne entstehen. Vorzüglich leicht klinge die Quinte des Tones, wie bei Or-

[1] Ebendaselbst S. 270. 71.

gelpfeifen, mit. Ob hierzu etwa heterogene Schwingungen aliquoter Theile der Stimmbänder die erste Veranlassung geben oder nicht, steht dahin.

Die Thätigkeit des Blasebalges und des Windrohres oder der Lungen und der Luftröhre muß bei dem Gesange in hohem Grade regulirt werden. Schon die stärkere Stimme des Mannes hängt mit der bedeutenderen Entwickelung seines Thorax zusammen, während nicht sowohl dieser, als die Hals- und Lendengegend der Frau vorherrschender ausgebildet sind. In der Regel zeichnen sich auch Bassisten durch einen umfangreichen Brustkasten und eine breitschultrige Statur aus, während sehr gute Tenoristen klein und hager oder lang und schmächtig sein können. Ebenso haben Mannweiber mit tiefen, starken Altstimmen eine geräumigere Brust und einen verhältnißmäßig robustern Bau. 935

Nicht minder wichtig sind die Verhältnisse der Lungen für die Stärke und Schwellung des Tones. Da dieser nämlich durch heftigeres Blasen bis zu einer Quinte erhöht werden kann, so vermögen wir nur auf dem Wege der Compensation, wie dieses schon §. 912 geschildert worden, durch entsprechende Abspannung der Stimmbänder eine und dieselbe Note piano oder forte oder fortissimo hervorzubringen.

Die Cultur der Athmungswerkzeuge bildet, wie man leicht sieht, ein Hauptmoment, welches der Sänger nie aus den Augen lassen soll. Während des Vortrages darf das Spiel seines Brustkastens durch keine irgend genirende Stellung, z. B. durch Einbiegung des Rückens, durch zu fest anliegende Kleider, durch einen zu sehr angefüllten Magen, durch vorangegangenes angestrengtes Laufen, Sprechen u. dgl. genirt sein. Eben so muß er immer während des Gesanges selbst nicht vergessen, die Brust frei hervorzuheben, weil dieses nicht bloß die Reinheit der Töne begünstigt, sondern auch zur Schonung und Ausbildung der Athmungsorgane wesentlich beiträgt. In seiner Diätetik hat er alle schweren und derberen Speisen, alle geistigen Getränke, jede Erkältung u. dgl., mithin alle Momente, welche zu einer anhaltenden vermehrten Schleimabsonderung der Luftwege führen könnten, zu vermeiden. Die festen Fette sollen immer nachtheilig wirken; dagegen können leichtere flüssige, in Verbindung mit zuckerigen Substanzen, wie z. B. ein mit Candiszucker angerührtes frisches Eigelb, zur Wiederherstellung einer rauhen Stimme beitragen. Bassisten pflegen nicht selten Bier zu trinken, um ihrer tiefen Stimme mehr Kraft zu verleihen. Allein der reine Klang des Tones, der schon ohnedies bei tiefem Baß am meisten gefährdet ist, geht durch solche Versuche am ehesten verloren. Wie leicht der Genuß von Weinen zunächst zu einer belegten Stimme führen und später jeden reinen Gesang unmöglich machen kann, lehrt das Beispiel unvorsichtiger Sänger nur zu häufig. Ausschweifungen in der Liebe, häufige Wochenbetten wirken ebenfalls sehr nachtheilig, können jedoch eher als anhaltende Neigung zum Trunke ohne Aufhören der Stimmbildung fortgesetzt werden.

Die verschiebbaren Theile des Mundrachenrohres nehmen bei vielen Menschen während des Singens mannichfaltige Stellungen an. Diese Eigenthümlichkeiten beziehen sich mehr auf den Klang als die Höhe der Tonbildung. Sie fallen daher auch bei verschiedenen Personen nicht ganz gleich aus. Im Allgemeinen verengert sich der weiche Gaumen bei höheren Tönen, während die Choanen weder hier, noch bei den tiefen Noten geschlossen werden. Nach Dzondi[1]) soll alsdann der hintere Gaumenvorhang in die Höhe gehen und sich in schiefer Richtung den Choanen 936

[1]) K. H. Dzondi, die Functionen des weichen Gaumens bei dem Athmen, Sprechen, Singen, Schlingen, Erbrechen u. s. w. Halle, 1831. 4. S. 32—34.

etwas nähern, das Zäpfchen dagegen sich dergestalt nach hinten richten, daß es die Hinterwand des Pharynx mit der Spitze berührt. Ließ ich eine gute Sängerin, deren Töne von a bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ und selbst von g bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ reichten, diese Skalenreihe bei offenem Munde durchsingen, so traten die Gaumenbogen mit den Mandeln deutlich nach innen. Die letzteren wurden daher an ihren Innenflächen zum Theil frei. Obgleich die vorderen Gaumenbogen etwas verschmälert waren, so konnte doch keine besonders geringe Breite an ihnen auffallen. Die deutlichsten Veränderungen dagegen zeigte das Zäpfchen. Es war bei allen Noten ohne Ausnahme eher schief nach vorn, nie dagegen nach hinten gerichtet. Bei den Brust- und Halstönen blieb es ziemlich steif nach vorn und unten gestreckt. Mit dem Anfange der Kopftöne dagegen verkürzte es sich der Länge nach auf auffallende Weise und erhielt von seinem unteren abgerundeten Ende aus eine Längenfurche. Diese stärkeren Contractionen der Uvula begannen bei $\overline{\overline{d}}$ bis $\overline{\overline{e}}$ und verstärkten sich dergestalt, daß man bei $\overline{\overline{a}}$, $\overline{\overline{h}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$ das isolirte Zäpfchen gar nicht mehr wahrnahm, sondern es nur in Form eines kleinen zweilippigen Theiles in der Mitte des weichen Gaumenvorhanges erkannte. Dagegen wurde schon der Zwischenraum zwischen den Innenrändern der Gaumenbogen und den Seitenrändern der Uvula schmaler und im Anfange etwas länger, sowie die Dame von den tiefsten möglichen Brusttönen zur Halsstimme überging, und verlor sich endlich bei den höheren Kopftönen gänzlich. Bei dem Trillern mit offenem Munde vibrirte häufig das Zäpfchen gar nicht. Es verhielt sich, wie es schien, um so ruhiger, je mehr es nach oben zurückgezogen war, d. h. bei den höheren Hals- und Kopftönen. Die deutlichsten Schwingungen zeigten sich noch, wenn in tieferen Tönen, z. B. in $\overline{d}$ oder $\overline{e}$ getrillert wurde. Läßt man dagegen ungenirt trillern, d. h. bleibt nur eine kleine Spalte zwischen den Zähnen offen, so kann man selbst bei höheren Kopftönen ein Vibriren des weichen Gaumenvorhanges, das auch von der Sängerin subjectiv wahrgenommen wird, beobachten. Jedoch werden hier die Erschütterungen nie so stark, als bei anderen heftigen Exspirationsstößen, wie wir sie z. B. bei dem Lachen erzeugen.

Die Zunge hebt sich in ihrem hinteren Theile, bleibt an den Seiten aufgewulstet, oder plattet sich auch wohl etwas ab, höhlt sich aber hier immer in der Mitte aus, so daß die durch den verengerten Racheneingang ausgestoßene Luft wie auf einem offenen Halbkanale dahingleitet. Ihr vorderer Theil dagegen senkt sich indeß hinab. Bei dem Trillern bleibt er ruhig oder zuckt an einzelnen Stellen, jedoch immer nur schwach und in aliquoten Theilen.

Während des Gesanges sind zwar die Stellungen und Bewegungen des Zäpfchens sowohl als der Zunge meistentheils seitlich symmetrisch, jedoch giebt es auch gar nicht selten Ausnahmen hiervon. Denn bisweilen neigt sich die Uvula schief nach rechts oder häufiger nach links, oder es höhlt sich die Zungenwurzel an einer Seitenhälfte (vorzüglich der linken) aus, während sie sich an der anderen emporhebt.

Die Vollkommenheit des Geſanges ſetzt endlich noch die Integrität der übrigen Hart- und Weichgebilde, welche die Mundhöhle begrenzen, voraus. Abgeſehen von den ſeltener vorkommenden Defecten in dem harten Gaumen, den Wangen u. dgl. ſpielen hierbei die Zähne und vorzugsweiſe die Schneide- und Eckzähne eine weſentliche Rolle. Finden ſich hier größere Lücken, ſo wird leicht die Reinheit des Tones durch die auf dieſe Weiſe hindurchziſchende Luft geſtört.

Wenn auch nicht die Eigenthümlichkeiten der genannten Mundtheile auf die abſolute Höhe des Tones einwirken, ſo läßt ſich doch ein Einfluß derſelben auf die Reinheit und den Klang deſſelben nachweiſen. Zu große Tonſillen, Anſchwellungen derſelben, Anfreſſungen des Gaumenſegels und des Zäpfchens hindern die reine Tonbildung. Sänger mit zu großen Mandeln laſſen ſich bisweilen einen Theil derſelben abtragen. Jedoch fällt der Erfolg ſolcher Operationen verſchieden aus. Fedrigotti gewann z. B. durch ſie zwei Bruſttöne, die überhaupt klarer und runder wurden, verlor dafür aber vier Halstöne. Dagegen hatte ein anderes Individuum in dem gleichen Falle fünf Noten des zweiten Regiſters mehr erhalten (Bennati)[1].

Der Hintertheil der Mundhöhle iſt im Allgemeinen bei Sängern und Sängerinnen, welche einen ſehr großen Umfang in reinen und vorzüglich hohen Tönen haben, bei Weitem entwickelter und beweglicher, als bei anderen Individuen mit ausgezeichneten, aber beſchränkteren Stimmen (Bennati)[2]. Dieſes erklärt ſich leicht daraus, daß jene Theile mit großer Mannichfaltigkeit eingeſtellt und geſpannt werden müſſen, wenn ein heller und angemeſſener Timbre bei den verſchiedenen Höhen der Stimme hervorgebracht werden ſoll. Jede Unſicherheit der Poſition würde die Schwingungen größer, aber langſamer machen und mehr ſtören als nützen. Daher bleibt auch das Zäpfchen bei dem Ausſtoßen des Tones im Ganzen faſt unbeweglich und vibrirt nur ſtärker am Ende ſehr lange ausgehaltener Noten. Während des tiefen Einathmens in den Intervallen der Ruhe dagegen ſchoß es wenigſtens bei der oben erwähnten Sängerin pfeilartig hervor, um ſich wiederum im Anfange des erneuerten Singens zurückzuziehen und ſeine beſtimmte Poſition einzunehmen.

Bei ausgezeichneten Sängern und Sängerinnen, die ſich, wie z. B. die Catalani oder Lablache, Santini, vorzugsweiſe in den tieferen Tönen mit beſonderer Virtuoſität bewegen, erreicht die Zunge bisweilen einen ſehr hohen Grad von Ausbildung. Sie beſaß bei Santini eine ſo bedeutende Länge, daß ſie mit ihrer Spitze, wenn ſie ganz vorgeſtreckt wurde, den unterſten Theil des Kinnes berührte. Bei der Erzeugung hoher Töne krümmte ſie ſich dann vorn hakenförmig um (Bennati)[3].

Der Naſenkanal kann durch ſeine eigenthümlichen Reſonanzverhältniſſe 937
den Timbre der Töne verändern und den ſtörenden Klang der ſogenannten Naſenſtimme hervorrufen. Bei der Bildung der gewöhnlichen reinen Noten ſtürzt zwar der größte Theil der Luft durch den Mund heraus; allein die Choanen ſowohl, als die Naſenlöcher bleiben offen. Werden dagegen die letzteren künſtlich geſchloſſen, ſo entſteht eine eigene Reſonanz, die eine Art Dämpfung, die Erzeugung widerlicher oder lächerlicher Stimmweiſen, das Näſeln der Töne bedingt. Dieſer Erfolg tritt weniger bei den tiefen Bruſt- als bei den hohen Falſettönen hervor. Aus demſelben Grunde verbindet ſich auch häufig das Näſeln mit einer ſtärkeren Hebung des Kehlkopfes. Daß Verſtopfung der Naſenhöhle an geeigneten Stellen ähnliche Einflüſſe ausübe, verſteht ſich von ſelbſt.

Auch bei offenen Naſenlöchern kann der Ton nach Willkür näſelnd gemacht werden. In dieſem Falle verzichten wir zu einem großen Theile

---

1) Annales des sciences naturelles. Tome XXIII. Paris, 1831. 8. p. 50—52.
2) a. a. O. p. 44. 45. 3) a. a. O. p. 39.

auf die Resonanz der Mundhöhle und benutzen vorzugsweise die Nasenhöhle als Organ des Widerhalls. Der weiche Gaumen verengt sich hierbei bedeutend, ohne jedoch den Racheneingang vollständig zu verschließen. Dagegen wird die Zunge in höherem Grade gewölbt, so daß sie sich oft mit ihren convexesten Theilen an den harten Gaumen anlegt. Zur Unterstützung der Thätigkeit des Nasenkanales wird nicht selten die Nase heraufgezogen, indem wir dadurch die Nasenlöcher zu erweitern suchen.

938 Endlich übt noch die Beschaffenheit der Umgebungen auf die instinctive Erzeugung der Töne einen deutlichen Einfluß aus. So sind wir z. B. in kleinen beengten Räumen mit festen Wänden, welche eine starke Consonanz der eingeschlossenen Luft bedingen, eher geneigt, tiefe, in großen und hohen Zimmern aber, in Wäldern, auf Bergen und im Freien überhaupt höhere Tonweisen anzustimmen. Diese erfordern größere Spatia als jene, wenn eine reine Klangweise erzielt werden soll. Aus diesem Grunde liegen z. B. die meisten Gesänge der Bergleute in Baß oder Tenor, während die Jodellieder der Gebirgsbewohner die höchsten Fisteltöne anhaltend in Anspruch nehmen.

939 Wir haben schon früher gesehen, daß unser Stimmorgan unter geeigneten Verhältnissen weit höhere Töne, als bei dem Gesange in Anwendung gebracht werden, hervorzubringen im Stande ist. Mit jener bedeutenden Höhe geht aber die Reinheit verloren. Der Ton wird gellend oder schrillend. Seine Bildung setzt eine ungewöhnliche Kleinheit der Stimmritze, eine große Spannung der Stimmbänder und eine erhebliche Stärke des Windes voraus. Alle diese Momente vereinigen sich bei den heftigsten Graden des S c h r e i e n s, wie wir sie z. B. in den letzten Acten der Geburt, bei Personen, welche sehr schmerzhafte Operationen aushalten oder plötzlich in ihren geistigen Regungen gewaltig afficirt werden, wahrnehmen. Nach den früher dargestellten Gesetzen hat überhaupt jedes Geschrei eine besondere Neigung, in höheren Tonweisen anzusprechen, weil die Verstärkung des von den Lungen heaufkommenden Luftstromes durch keine entsprechende Abspannung der Stimmbänder compensirt wird und sich daher eine Erhöhung der Töne mit dem Forte verbindet. Ebenso versteht sich von selbst, daß Krämpfe der Kehlkopfmuskeln, welche eine Tension der Stimmbänder und eine spaltenartige Beschaffenheit der Stimmritze zur Folge haben, bei jedem stärkeren Winde höhere gellende Töne erzeugen müssen. Daher auch diese so häufig bei Kindern mit Keuchhusten, mit sogenanntem Asthma Millari, bei krampfhaftem Lachen u. dgl. hervortreten.

940 Die einzelnen Theile, welche in der Mundhöhle vorkommen oder dieselbe begrenzen, können selbst durch mancherlei Stellungen oder Schwingungen zu verschiedenartigen Modificationen der Tonbildung Veranlassung geben. Wir haben z. B. schon früher (§. 441) die Mechanik des Gähnens, Schluchzens, Schnarchens, Gurgelns, Lachens, Weinens, Räusperns, Schnäuzens, Hustens und ähnlicher Acte, welche von mehr oder minder eigenthümlichen Tönungen begleitet werden, kennen gelernt. Häufig vibriren hier der weiche Gaumen oder die Wandungen des Mund- oder des Nasenrohres und erzeugen schnarchende, gellende und ähnliche Laute. Ebenso

drücken wir bei dem Zischen den Vordertheil der Zunge an den harten Gaumen, damit die Luft mit eigenthümlichem Geräusche durch die nicht sehr große Spalte der etwas von einander entfernten Zahnreihen bei geöffneten Lippen hervordringe. Aehnliche Vorbereitungen treffen wir bei dem Schnalzen, um dann durch rasches Niederschlagen der Zunge die Tönung zu erzeugen. Bei dem Zähneklappern entsteht das Geräusch durch das gegenseitige Aneinanderklopfen beider Zahnreihen mit oder ohne modificirende Nebenbedingungen. Halten wir zwei Finger, die nur eine feine Lücke zwischen sich lassen, vor der Spalte des nur wenig geöffneten Mundes, so können wir durch ein kräftiges Ausstoßen der Luft einen hellen und gellenden Ton hervorrufen. Mittelst ähnlicher Benutzung der Lippen sind wir bekanntlich zu pfeifen im Stande. Wir reduciren hierbei die Mundspalte zu einer kleinen, meist rundlichen Oeffnung, drücken den vorderen oder mittleren Theil der Zunge an den weichen Gaumen, lassen aber dann in der Mitte der Länge einen kanalartigen Raum übrig. Durch diesen wird die Luft ausgetrieben. Sie erschüttert die Atmosphäre, welche in der Vorderparthie der Mundhöhle enthalten ist und dringt nun mit ihr mit Energie durch die kleine Lippenöffnung hervor. Je tiefer der Ton werden soll, um so mehr wird die Zunge zurückgezogen [1]). Die Mechanik dieser Processe gleicht der der Labialpfeifen in hohem Grade [2]). Bei dem Murmeln öffnen und schließen wir die Lippen abwechselnd, um die dumpfen articulirten Laute hervorzustoßen und abzubrechen. Das laute Küssen endlich bildet gewissermaßen eine Art von Schnalzen mittelst der Lippen.

Sprache. — Während alle bisher genannten Stimmweisen im We- 941
sentlichen in der Thierwelt mehr oder minder wiederkehren können, bildet die Erzeugung und Benutzung der Sprachlaute ein ausschließliches Eigenthum des Menschen, das er seinen höheren geistigen Fähigkeiten verdankt. Nur er kann die unendliche Reihe von Ideen, welche sein Inneres durchkreuzen, mittelst der mannichfachsten Combinationen von äquivalenten Tönen klar und auf die variabelste Weise ausdrücken und so mit seines Gleichen Verbindungen, welche dem Thiere gar nicht oder nur in der unvollkommensten Art möglich sind, hervorrufen. Seine Sprache ist daher auch in vieler Hinsicht der Spiegel seines Geistes. Sie steigt und fällt mit den Kräften desselben, wird bei fortschreitender Bildung mannichfacher und feiner und bleibt in engeren Kreisen beschränkt, so lange Begriffe und Kenntnisse unentwickelt ruhen. Geistreiche Nationen und Menschen sprechen rasch und nachdrucksvoll, während die Redeweise phlegmatischer Personen gedehnter, die Schwachsinniger lallend und undeutlich wird. Jede wahre oder erdichtete Leidenschaft, jede Bewegung oder Beruhigung der Tiefen des Gemüthes hallt in den Verbindungen und Klängen der Sprachlaute, in der Combination der Rede und der Accentuation deutlich wieder. Das lebendige Wort dringt meistentheils mittelst der geeigneten

---

[1]) W. v. Kempelen, Mechanismus der menschlichen Sprache. Wien, 1791. 8. S. 142.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. S. 220. 21.

Auswahl der passenden Reihenfolge, der nöthigen Stärke und Schwäche und der adäquaten Melodie der hervorgebrachten Laute mindestens eben so tief als der Werth der ausgesprochenen Ideen ein. Die Sprache wird durch den Vortrag und die ästhetische Combination der gebrauchten Ausdrücke zu dem hinreißendsten Hebel, welcher dem Einzelnen für die Wirkung auf die Masse gegeben worden.

942 Die physiologische Untersuchung der Sprachlaute kann sich nur auf die Mechanik, mittelst welcher die einzelnen Buchstaben hervorgebracht und mit einander verbunden werden, beschränken. Aus diesem Grunde gehört daher vor Allem das stumme Lautsystem der leisen und die Betonung und Klangweise der lauten Sprache in ihr Bereich. Höhere Betrachtungen über den Ursprung, die Ausbildung und die Verwandtschaft der einzelnen Dialekte fallen den speciellen Studien der Linguistik anheim und können höchstens in ihren Endresultaten den nicht Philologen näher interessiren [1].

943 Zur Aussprache der verschiedenen Buchstaben dienen nicht bloß der Kehlkopf mit seinen Nachbartheilen, sondern auch vorzugsweise die Mundhöhle mit den Lippen und vor Allem die Zunge und die Zähne. In manchen Fällen wird auch der Nasenkanal, besonders zur Erzeugung gewisser Klangarten zu Hilfe gezogen. Manche Laute setzen die Thätigkeit der Stimmbänder oder der Stimmritze voraus. Bei anderen dagegen sind diese Bedingungen, sobald jene nicht melodisch hervorgebracht werden sollen, keineswegs unerläßlich. Da aber auf solche Art eine fast unendliche Combination der erzeugten Laute wegen der großen Zahl der mitwirkenden Theile, der Mannichfaltigkeit ihrer gegenseitigen Stellungen und der Stärke des Windes möglich wird, so finden wir auch, daß verschiedene Nationen oder selbst Individuen die differentesten und zartesten Nuancen rücksichtlich ihrer Redeweise darbieten und die einzelnen Sprachen und Dialekte allein einen Reichthum des Stoffes in dieser Hinsicht besitzen, welchen selbst ein lebenslängliches Studium zu erschöpfen außer Stande wäre.

944 Die Vocale werden ursprünglich durch die Stimmritze und den Schlundrachenraum hervorgebracht. Der leichteste von ihnen ist das a, welches auch das Kind zuerst tönen läßt, das schwerste dagegen das i. Sollen sie lautlos und kurz ausgesprochen werden, so bedarf es hierzu keiner so constanten Mitwirkung des zwischen der Zunge und dem harten Gaumen übrig bleibenden Raumes oder des Mundkanales und keiner so eracten Theilnahme der Mund- oder Zahnreihenspalte, als in der Regel angegeben wird. Denn wir können alle fünf reinen Hauptvocale trotz des Schlusses der Lippen und der Zähne und der gegenseitigen Berührung des Zungenrückens und des harten Gaumens so articuliren, daß wir die Verschiedenheit des a, e, i, o und u subjectiv deutlich unterscheiden. Wenn wir daher den Mundtheilen bei irgend lauter Aussprache der Vocale eine

[1]) Ueber diese Verhältnisse s. vorzüglich W. v. Humboldt: Ueber die Kawi-Sprache auf der Insel Java, nebst einer Einleitung über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren Einfluss auf die geistige Entwickelung des Menschengeschlechtes. Bd. I. Berlin, 1836. 4. S. XVI. fgg.

andere Stellung geben, so bezieht sich dieses mehr auf den Klang und das längere Aushalten, als auf die ursprüngliche Erzeugung derselben. Die einzelnen Positionen, welche zu diesem Zwecke angenommen werden müssen, variiren zwar nach den Individualitäten, der Intonation und der Zeitdauer des Ausdruckes, lassen sich jedoch wenigstens im Allgemeinen durch Worte darstellen. Die folgenden Schilderungen beziehen sich vorzugsweise auf die Articulation des Hochdeutschen und das längere Aushalten der laut ausgesprochenen Vocale.

Das a erfordert verhältnißmäßig eine sehr bedeutende Oeffnung der Mundspalte und gegenseitige Entfernung der beiden Zahnreihen. Die Zunge steht entweder im Ganzen oder in ihrem vorderen Theile von dem harten Gaumen ab, so daß auch der Mundkanal proportionell groß wird. Gaumensegel und Zäpfchen ziehen sich mehr oder minder in die Höhe. Die Choanen sind zwar nicht verschlossen, allein der Vocal kann ebenso rein bei zugehaltenen wie bei offenen Nasenlöchern ausgesprochen werden. Höchstens erhält der Ton in dem ersteren Falle einen näselnden Beiklang, sobald man den Luftstrom absichtlich oder unwillkürlich nicht mehr ausschließlich gegen das Mundrohr, sondern schiefer und höher hindurchtreibt. 945

Da e steht in vieler Beziehung dem a nahe. Der Mund und die beiderseitigen Zahnreihen können bei ihm gleich weit wie bei diesem, oder etwas weniger offen stehen. Von wesentlicherer Bedeutung scheint dagegen die größere Kleinheit des Mundkanales zu sein, da wir immer die Zunge dem harten Gaumen mehr annähern müssen und ein lautes Aussprechen des e zwar bei sehr weit geöffnetem Munde, nicht aber ohne Erhebung der Zunge möglich ist. Gaumensegel und Zäpfchen werden in ähnlicher Weise emporgehoben. Das letztere scheint sich in einzelnen Fällen weniger stark aufzurichten und schief nach vorn zu stellen als bei dem a. 946

Für die Aussprache des i ist die gehörige Verengerung der Mundspalte von wesentlicherer Bedeutung. Denn versuchen wir diesen Laut bei weit geöffnetem Munde hervorzubringen, so klingt er bei Weitem mehr als ein unreines und lallendes e, denn als i. Stehen aber die Lippen und die beiderseitigen Zahnreihen nur wenig von einander ab, so erhebt sich die Zunge an ihren Seitenrändern etwas in die Höhe und tritt mit ihrer Spitze gegen die unteren Schneidezähne. Wenn dagegen die Mundspalte so weit geöffnet ist, als es im Normalzustande für die reine Aussprache dieses Vocales nicht nothwendig wird, so wirkt die Zunge gewissermaßen compensirend, indem sie sich in ihrer Mitte bauchigt emporhebt, von hinten nach vorn wölbt und verkürzt. Die Veränderungen des weichen Gaumens lassen sich nicht hierbei mit Bestimmtheit verfolgen. 947

Das o kann zwar bei allen Graden der Oeffnung der Mundspalte hervorgebracht werden; allein es geht, je größer diese wird, um so leichter in a, und je mehr sie sich verkleinert und je stärker sich besonders die Lippen röhrenartig vorstrecken, um so eher in u über. Die Lippen erhalten bei der reinen Aussprache des nicht zu langen Vocales eine Neigung, sich nach vorn zu schieben, die Mundöffnung zn verkleinern und kreisförmig zu machen. Die Zunge ist vorn niedergedrückt, hinten dagegen gewölbt. Der 948

weiche Gaumen geht zwar in die Höhe, hat aber eine größere Tendenz nach vorn als nach hinten zu weichen.

949 Das reine u setzt den höchsten Grad des Schlusses der Mund- und Zahnspalte voraus. Versuchen wir dasselbe bei möglichst weit geöffnetem Munde auszusprechen, so klingt es zwar noch oft deutlich durch, erhält aber immer einen Nebenton von a oder o. Bei ganz vollkommener Aussprache dieses Vocales werden die Lippen etwas vorgestreckt und so gestellt, daß sie nicht bloß die Mundspalte bedeutend verengern, sondern auch in lebhafte Vibration gerathen und eine tiefe Resonanz bedingen. Dagegen wird der Mundkanal, indem sich die Zunge zurückzieht und hinten zwar mehr oder minder wölbt, vorn dagegen herabgeht, verhältnißmäßig weit. Der weiche Gaumen und das Zäpfchen begeben sich, wenn der Mund so weit geöffnet ist, daß man sie überschauen kann, nach oben und zum Theil nach hinten, die inneren Gaumenbogen aber gleichzeitig etwas nach innen.

Schon an jeder guten Clarinette lassen sich, je nachdem man die Endöffnung in ihrer Weite läßt oder verkleinert, Töne hervorbringen, welche mit verschiedenen Vocalen Aehnlichkeit haben. Kratzenstein und Kempelen benutzten zum Theil ähnliche Verhältnisse für ihre künstlichen Sprachmaschinen, welche einzelne Laute und Worte des Menschen wiedergaben und bei denen man je nach Verschiedenheit der einfachen Zungen Baß- oder Falsettöne erhalten konnte. Kempelen [1]) versuchte sogar die Größe der Oeffnungen des Mundes und des Mundkanales bei der Aussprache der verschiedenen Vocale numerisch zu registriren und in einem bildlichen Schema darzustellen. Wenn aber auch diese Momente für die anhaltende und stark tönende Erzeugung der Laute von Einfluß sind, so bilden sie doch keineswegs die Grundbedingungen, variiren selbst bei dem natürlichen Sprechen und lassen sich noch viel weniger unter solche gleichförmige Grade, wie dieses geschehen ist, rubriciren.

950 Streng genommen sind nur a, i und u die schärfer geschiedenen Vocallaute, welche daher auch in allen Sprachen wiederkehren. e und o dagegen bilden mehr Uebergangstöne zwischen jenen. Allein selbst zwischen jenen fünf Hauptvocalen liegt eine bedeutende Reihe von Zwischenlauten, welche entweder als eigenthümliche Töne gewisser Sprachen und Dialekte oder als sogenannte Diphthonge [2]) auftreten. So z. B. liegen zwischen a und e das französische ai, das deutsche ae und das e z. B. in dem Worte Esel; zwischen a und o das dänische aa, das schwedische å, das österreichische a, das französische au u. dgl. Als Modificationen des o und u erscheinen das französische eau, das schweizerische ô u. dgl. Die Bedeutung ähnlicher Uebergangslaute haben das deutsche ö, das französische eu, das deutsche ü und y, das hochdeutsche ei, das schweizerische ei (wie aei) u. s. w.

In vielen Sprachen können Vocale, welche z. B. im Deutschen als

---

[1]) Kempelen, a. a. O. S. 215. Vgl. auch Tab. X. Fig 1. 2.

[2]) Die grammatikalische Bezeichnung der Diphthonge hat physiologisch einen nur sehr relativen Werth. Denn z. B. ä, ö, ü sind Mittellaute, bei welchen nicht zwei isolirte Vocale, sondern ein Uebergangston hindurchklingt. Will man den schwankenden und nicht wesentlich fördernden Begriff der Diphthonge überhaupt beibehalten, so kann er physiologisch für solche Combinationen von Selbstlautern gelten, welche entweder gar keine oder nur schwer zu erzeugende Uebergangstöne bilden und daher rasch hinter einander und mit Vorherrschen des einen oder andern Vocales ausgesprochen werden. So z. B. voi, oui, pfui u. dgl.

reine Grundlaute auftreten, durch Uebergangsbuchstaben ausgedrückt werden, während umgekehrt die reinen Vocalbuchstaben wie Uebergangstöne klingen. So z. B. haben die Franzosen für unser u die Doppelbezeichnung ou, die Holländer oe, die Engländer oo. Bei den beiden ersteren lautet dafür dann u wie ü.

Diese Modificationen der Aussprache der Grundvocale charakterisiren die Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Dialekte in hohem Grade und bedingen es zugleich, daß die einzelnen Grundwörter mit den mannichfachsten Modificationen in ihnen wiederkehren. Jeder Volksstamm nämlich begünstigt einzelne Theile seiner Sprachwerkzeuge, welche vor allem in Gebrauch gezogen werden, in vorzüglichem Maaße. Die ästhetische Civilisation unterstützt diese Eigenthümlichkeiten dadurch, daß alle unangenehmen Verzerrungen des Gesichtes bei dem Sprechen möglichst vermieden und die Töne weniger rauh und melodischer hervorgebracht werden. Eine solche physiologische Auffassung der Sprachen verdiente eben so gut eine specielle Bearbeitung, als die linguistische, für welche in den letzten Decennien so sehr viel gethan worden.

Was den Austausch der einzelnen Vocale in verschiedenen Sprachen betrifft, so wollen wir uns, da dieser Gegenstand mehr der Philologie als der Physiologie angehört, darauf beschränken, nur einige Beispiele, welche sich vorzugsweise auf das a beziehen, kurz anzuführen. Dieser Vocal geht häufig durch Mittellaute, wie sich physiologisch leicht erklären läßt, in e, ei oder o über. So z. B. entspricht dem Hochdeutschen acht das angelsächsische ähta, das englische eight, das schwedische åtta, das dänische otte und das lateinische und griechische octo. Eine Neigung zu i ist zwar besonders durch die Mitteltönung des e gegeben, allein solche Uebergänge gehören zu den selteneren. Wir haben ihn z. B. in dem angelsächsischen ganian, dem hochdeutschen Gähnen, dem schweizerischen Gynen, dem schwedischen gina und dem italienischen Ghignare. Daß aber auch eine und dieselbe Wurzel alle fünf Grundselbstlauter durchmachen könne, lehrt z. B. das deutsche Lache, das engliche Lake, das lateinische Lix, das schwedische Log und das wendische Luza. Ueber solche Uebergänge, sofern sie sich besonders im Lateinischen und Griechischen verfolgen lassen, s. Boeckh in Daub und Creuzer Studien. Bd. IV. Heidelberg, 1808. 8. S. 376 fgg.

Während aber die erwähnten Mittellaute meistentheils lang und rein 951
ausgesprochen werden, können die einfachen Vocale selbst durch die Zeitdauer ihres Ausdruckes und die Art ihrer Erzeugung wesentliche Eigenthümlichkeiten veranlassen.

1) Der Laut wird nur schwach hingehaucht, um die Aussprache leichter zu machen. Folgen z. B. zu viele für den Ausdruck mühevoller wiederzugebende Consonanten hinter einander, so schaltet sich unwillkürlich ein schwaches e ein. In manchen Sprachen, z. B. den slavischen, tritt diese Veränderung häufig, vorzüglich für fremde Zungen von selbst ein, ohne daß sie erst durch besondere Zeichen angedeutet wird. Etwas weiter geht in dieser Hinsicht das mit Lautirungsbenennungen versehene Hebräische. Das Schwa wird nämlich zunächst an Consonanten, die zwar ausgesprochen werden müssen, jedoch keinen betonenden Vocal an sich haben, angegeben. Hier bedeutet es nur, daß sich der eine Buchstabe an einen anderen anlehnen müsse, ohne daß ein zweiter Nebenton mitklingt. So z. B. in Israël (יִשְׂרָאֵל). Es fällt daher am Ende des Wortes, wenn sich

---

[1]) Siehe Jan Puskine Badańia w przedmiocie Fizyologii Mowy Ludziéj. Kraków, 1836. 8. p. 34. F. Bopp, vergleichende Grammatik des Sanskrit, Zend, Griechischen, Lateinischen, Littauischen, Gothischen und Deutschen. Bd. I. Berlin, 1833. 4. S. 1.

der Consonant auf einen Vocal stützen kann, wie z. B. in lachem (Euch) (לָכֶם) von selbst hinweg, erscheint aber z. B. in Schiwah (sieben) (שִׁבְעָה) oder jihjeh (es wird sein) (יִהְיֶה), wo nur eine Sylbe abgegrenzt wird, wieder. Folgen mehrere Consonanten unmittelbar auf einander, so klingt es unwillkürlich als ein sehr schwaches kurzes e, z. B. in wajĕhi (und es war) (וַיְהִי). Es kann natürlich nur so lange bleiben, als die entsprechende Sylbe keine Betonung oder keine lange Aussprache hat. Tritt dieser Fall, wie z. B. bei der Accentuirung, am Ende eines Satzes ein, so schwindet das Schwa, und es kommt ein halblanger Vocal an dessen Stelle. So z. B. wird aus wajĕhi das Wort wajéhi (statt וַיֶהִי וַיְהִי). Seiner Grundbedeutung entsprechend, dient dann auch noch das Schwa, um überhaupt anzuzeigen, daß ein Vocal nicht nur kurz ausgesprochen, sondern halb verschluckt werde. So z. B. bei dem sogenannten a furtivum in Taăssu (Ihr sollt machen) (תַּעֲשׂוּ).

Stumme, kaum angedeutete e finden sich bekanntlich in einzelnen süddeutschen Dialekten, im Französischen, Englischen u. dgl. sehr häufig. Auch manche andere kurze Vocallaute schleichen sich oft in allen Sprachen als Uebergangstöne ein. So z. B. in dem breiten Jach statt ich, in dem allemannischen Muetter oder Muotter statt Mutter, in dem slavischen wab′, welches ungefähr wie wabi ausgesprochen wird, in dem kurzen ṛ des Sanskrit u. dgl. Der physiologische Grund aller dieser und ähnlicher Eigenthümlichkeiten liegt eben darin, daß das Spiel der successiven Bewegungen der Sprachlaute, vorzüglich bei außerordentlicher Betonung durch solche Veränderungen leichter als auf die buchstäblich vorgeschriebene Weise erfolgt.

2) Aus derselben Ursache können auch Vocale unmittelbar in Consonanten übergehen. Wird z. B. das a tief ausgesprochen, so erhält es leicht einen schnarrenden Beiton und verwandelt sich bald auf diese Art in einen tiefen R-Laut. Am deutlichsten sehen wir dieses in den semitischen Sprachen, welche meist schon das vordere und hintere a durch verschiedene Buchstaben ausdrücken. Jenes findet sich im Hebräischen als Aleph, wie z. B. in Adam (Mensch) (אָדָם), dieses als Ain, wie z. B. in Ajin (Auge) (עַיִן). Beiderlei Vocale können kurz oder lang, betont oder nicht betont ausgesprochen werden. Allein das Ain wird schon leicht durch Schnarren zu r, und dieser im Hebräischen nur ausnahmsweise Statt findende Umstand hat in dem arabischen Rain seinen speciellen Repräsentanten.

In ähnlicher Weise werden auch andere Vocale durch Schnarrlaute zu einem zischenderen oder rasselnderen Ch. Belege der Art finden sich z. B. rücksichtlich des halben i im Slavischen. In gewisser Beziehung gehört auch das h, welches wir in dem Spiritus asper der Griechen haben, hierher.

3) Eben deshalb geht auch leicht ein Vocal in einen Halbconsonanten oder einen ganzen Consonanten über oder nimmt einen solchen zwischen

sich auf, wenn andere Vocale ihm vorangehen und nachfolgen und das Ganze schnell hinter einander ausgesprochen werden soll. In diesem Falle würde das Aussprechen der einzelnen Vocale zu viel Anstrengung oder Zeit kosten. Schon im Deutschen klingt z. B. das Wort Geier leicht wie Geijer. Das Gleiche haben wir in dem französischen voyez im Gegensatz zu dem Infinitiv voir. Im Hebräischen bewirkt derselbe Grundsatz die mannichfachsten Veränderungen der Vocale und Consonanten.

4) Jeder einzelne Vocal kann schon für sich mit doppeltem Timbre, entweder mit dem reinen vollen Mundklange oder mit der Nasenresonanz ausgesprochen werden. Im Allgemeinen erscheint uns das letztere als unästhetisch und wird daher auch möglichst vermieden. Wenn sich aber in der Nachbarschaft des Vocales andere Nasenlaute vorfinden, so wird auch die gleiche Aussprache des ersteren gleichsam consensuell hervorgebracht und verliert jenes Unangenehme, welches sonst hervortritt. Manche Sprachen, wie z. B. das Französische, machen von diesem Gesetze häufigeren Gebrauch, während die einfacheren Mundtöne in dem rauheren Deutsch nicht selten unverändert beibehalten werden. Wir haben dieses z. B. in dem französischen sang und dem deutschen Sang. Wie es scheint, liegt der vorzüglichste Unterschied darin, daß sich in dem ersteren Falle die Zunge mit ihrem hinteren Theile gegen den weichen Gaumen begiebt, in dem letzteren dagegen mit ihrer mittleren Parthie gegen den harten stemmt. Der Vocallaut räsonirt daher unter jenen Verhältnissen vorzugsweise durch die Nase, in diesen dagegen durch den Mundkanal.

Die Mitlauter oder Consonanten charakterisiren sich dadurch, 952
daß sie auf keine tönende Weise isolirt hervorgebracht werden können, sondern sich, um die letztere Bedingung zu erfüllen, auf einen vorangehenden oder nachfolgenden Vocal stützen müssen. Sollen sie dagegen nur kurze Geräusche bilden, so fällt dieser Uebelstand größtentheils hinweg. Sie kommen dann sogar verhältnißmäßig deutlicher als die mit geschlossenem Munde ausgesprochenen Vocale heraus. Diese Eigenthümlichkeit beruht darauf, daß die Besonderheit der Selbstlauter vorzugsweise in den Modificationen liegt, welche der hervorgestoßene Luftstrom mittelst der verschiedenartigen Stellungsverhältnisse der Ansatzröhren des Stimmorganes erleidet oder verursacht.

Nur wenige Consonanten, ja streng genommen fast keiner derselben kann isolirt lautirt werden, ohne daß zugleich ein schwacher Vocal mitklingt. Halten wir uns z. B. zunächst an das Deutsche, so bleibt noch das Consonantalgeräusch bei f und v, weniger bei w, so wie bei s, z und x am reinsten. Dagegen stützen sich in der Regel h und k auf ein nachtönendes a oder einen anderen Vocal, l, m und n auf ein voranschreitendes, b, c, d, g, p und t auf ein nachkommendes e und q auf ein deutliches u. Diese Erscheinung bildet eine nothwendige Nebenfolge der Position der Mundtheile und der Luftströmung, welche zur Aussprache der genannten Mitlauter erforderlich ist. Die in neuerer Zeit allgemeiner angenommene Unterrichtsmethode, die Kinder die bloßen Consonantalgeräusche nachahmen zu lassen, ist daher von theoretischem Standpunkte nur

bedingt richtig. Sie gewährt aber praktisch den wesentlichen Vortheil, daß die Kleinen bei den Consonanten keine unnützen, aus den conventionellen Namen stammenden Vocale mit einlernen, daß sie sich z. B. das k als einfachen Stoßlaut und nicht als ka einprägen und daher das nachfolgende Sylbenlesen viel leichter auffassen.

Dieses Anlehnen der Consonanten an Vocale ist für die ästhetische Wirkung der verschiedenen Dialekte und Sprachen von eben so großem Einflusse, als die Eigenthümlichkeit der Selbstlauter. Die letzteren nämlich machen zwar jene im Allgemeinen um so melodischer, je häufiger sie vorkommen. Allein diese Bedingung wird nur dann erfüllt, wenn sich eine hinreichende Zahl von Consonanten zwischen den einzelnen Vocalen einschaltet, weil sonst eine zu große Zahl kurzer In- und Exspirationen zum Reden erfordert wird. In der That finden wir auch den letzteren Fehler in den Sprachen der meisten uncivilisirten oder kindlichen Völker. Umgekehrt kann ein Dialekt durch zu viele Mitlauter ohne anlehnende Vocale rauh und selbst übeltönend werden. Durch Vermeidung dieser Klippe erhält z. B. das Italienische einen großen Theil seiner Schönheit und Zartheit, während das Deutsche vermöge der entgegengesetzten Eigenschaften auf Kosten seiner Weichheit an Kraft gewinnt. In den slavischen Sprachen erlangt die Häufung der Consonanten einen so hohen Grad, daß eine fremde, nicht von Kindheit auf geübte Zunge bei Erlernung derselben nur selten zum Ziele gelangt, Einheimische dagegen eine ansprechende Melodie ihres Ausdruckes erreichen und fremde weichere Sprachen, wie das Französische und Italienische, sehr gut erlernen, rauhere Dialekte dagegen, wie z. B. das Deutsche, sehr selten ohne leicht kenntliche Accentuation sprechen. Für den Gesang bleibt eine weiche, die Nebentönung der Vocale bei ihren Consonanten wohl berücksichtigende Sprache die geeignetste. Daher hat auch in dieser Beziehung z. B. das Italienische, welches immer in der Mitte seiner weichen Consonanten die nöthigen Vocallaute einschaltet und keines seiner Worte mit zwei oder mehreren Mitlautern endigt, vor allen anderen Sprachen den Vorzug.

953 Die Mechanik der Aussprache der Consonanten reducirt sich im Allgemeinen auf drei Hauptprocesse:

1) Die einzelnen Theile des Mundrachenrohres nehmen eine solche gegenseitige Stellung an, daß der hindurchgetriebene Luftstrom von selbst und ohne besondere Nebenthätigkeiten das bestimmte Mitlautergeräusch erzeugt. Dieses kann daher so lange anhalten, als die Ausathmung oder der zugeführte Wind dauert. Solche anhaltende Mund-Consonanten (Litterae consonantes continuae) sind z. B. die verwandten Laute des c, s, z, sch, ch und x, f und v (w), h, l, q und r, sowie zum Theil g, welches aber dann bei längerem Aushalten leicht in j oder ch übergeht.

2) Die Gebilde des Mundrachenrohres haben zwar während der Aussprache des Mitlauters ihre entsprechende fixe Stellung. Allein da sie nur als Bestimmungs- oder Resonanzgebilde dienen, so werden die Lippen oder der vordere Theil des Mundkanales unmittelbar vorher geschlossen. Die Luft muß daher durch das Nasenrohr entweichen. Zu diesen anhaltenden Mund-Nasen-Consonanten (L. c. continuae oro-nasales) gehören z. B. n und vorzüglich m. Das letztere kann daher auch nur, wenn man sich die Nasenlöcher fest zuhält, mit Mühe und einem starken Nasaltimbre hervorgebracht werden oder geht geradezu in b über. Diese Erfahrung machen wir daher häufig bei Leuten, welche einen starken Schnupfen, einen großen Nasenpolypen u. dgl. haben.

3) Mit dem Namen der Schlag- oder Explosionslaute endlich (L. c. explosivae) belegt man diejenigen, deren Aussprache eine momentane und

plötzliche Aenderung der Stellung der Theile des Mundrohres voraussetzt. Es werden nämlich unmittelbar vorher die Lippen oder der vordere oder der hintere Mundraum geschlossen, so daß dicht hinter dieser momentan erzeugten Scheidewand ein Luftspatium übrig bleibt. Oeffnet sich dann das Ganze, während der Wind von hinten nach vorn streicht, plötzlich, so erzeugen sich je nach der Stärke der Explosion das b oder p, das d oder t, sowie zum Theil das g oder das k. Jedoch läßt sich das g und k auch dergestalt articuliren, daß es eine Art von Uebergang von den Explosiv- zu den anhaltenden Mund-Consonanten darstellt.

Manche Schriftsteller sehen auch den Spiritus lenis der Griechen als den ersten Anfang eines Consonanten an (K. M. Rapp) [1]. Sie beziehen ihn nämlich auf den neuen Ansatz der Stimme, den wir z. B., wenn wir das Wort erinnern als er—innern aussprechen und so eine Art von sehr schwachem h mittönen lassen, vernehmen. Nach dieser Ansicht könnte man ihn daher als einen Explosivlaut schwächster und kürzester Art betrachten. Da jedoch die Griechen dieses Zeichen nur an dem Anfange der Worte, welche mit einem Vocal beginnen, gebrauchen, bei schnellem Sprechen dagegen kein solcher Halt sicherlich gemacht worden, so scheint es noch sehr die Frage zu sein, ob nicht überhaupt der Spiritus lenis ein negatives Zeichen, d. h. ein Merkmal, daß hier keine h-Aspiration Statt finde, gewesen sei.

Die physiologische Schilderung der acustisch noch gar nicht zu begründenden Mechanik der einzelnen Consonanten stößt schon deshalb auf sehr viele Schwierigkeiten, weil sich die vorderen Theile des Mundrohres bei ihrer Aussprache so stellen müssen, daß die hinteren dem Blicke entzogen werden. Die Beobachtungen an sich selbst, welche aus demselben Grunde vor dem Spiegel nicht gemacht werden können, sondern sich nur auf das subjective Gefühl beziehen, fallen im höchsten Grade unsicher aus. Ueberdies können wir einen und denselben Consonanten auf sehr verschiedene Weise hervorbringen. Das f z. B. fordert nur, daß der Luftstrom in eigenthümlicher Art durch eine oder mehrere feine Spalten hindurchzische. Wir bilden es daher am leichtesten, indem wir die Unterlippe gegen die Oberkieferzähne stemmen, so daß der Wind durch die Zwischenräume derselben durchgeht. Allein auch umgekehrt kann sich die Oberlippe an die Unterkieferzähne anlegen, oder beide Lippen drücken sich gegen ihre entsprechenden Zahnreihen, während eine schmale Spalte zwischen den letzteren offen bleibt, oder jene spitzen sich wie bei dem Blasen oder Pfeifen zu und lassen nur ein geringes Interstitium übrig. Bei anderen Consonanten dagegen verursachen freilich schon solche Unterschiede wesentliche Differenzen. Während z. B. das s mittelst des Durchzischens des Windes durch die Zähne entsteht, wird es zu sch, sobald sich der Vordertheil der Zunge im Ganzen gegen den harten Gaumen fest anstemmt, oder eine mittlere Rinne zum Durchgang der Luft übrig läßt. 954

Das h bildet den einfachsten Hauchlaut, der sehr leicht den Anfangsvocal eines Wortes von selbst begleitet. Während die Oeffnung des Mundes für seine Erzeugung nothwendig ist, werden dabei weder die Lippen 955

[1] K. M. Rapp, Versuch einer Physiologie der Sprache nebst historischer Entwickelung der abendländischen Idiome nach physiologischen Grundsätzen. Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1836. 8. S. 53.

noch die Zähne noch die Zunge in Anspruch genommen. Der im Ganzen, wie es scheint, verengerte weiche Gaumen zieht sich etwas in die Höhe, die Zungenwurzel dagegen wird mäßig gewölbt. Weichere Sprachen vermeiden daher auch diese Anfangsaspiration. Die Franzosen und Italiener haben ihn in ihrer Rede nur selten, wie z. B. in haut, hai. Dagegen entspricht z. B. dem deutschen Harlequin das französische Arlequin und das italienische Arlequino. Die Neugriechen drücken ihn zwar in ihrer Schrift durch den Spiritus asper, nicht aber bei ihrem Sprechen, wenigstens auf eine dem fremden Ohre vernehmliche Weise aus (Chladni)[1].

Durch geringe Modificationen geht das H in das rauhe Ch über, wie es in dem hebräischen Cheth (ח), dem schweizerischen Ch und dem deutschen Ach tönt, über. Hierbei wölbt sich die hintere Hälfte der Zunge in weit stärkerem Maaße gegen den Gaumen, berührt ihn jedoch nicht, sondern läßt noch einen nicht unbedeutenden Spaltenraum offen. Der weiche Gaumen zieht sich etwas hinab und das Zäpfchen stellt sich, während die Luft hindurchschnarrt und lebhafte Vibrationen veranlaßt, schief von oben und hinten nach vorn und unten. Diesen natürlichen Uebergang, für welchen in der Mitte der Worte der größte Spielraum gegeben ist, finden wir nicht selten in den historischen Entwickelungen der analogen Sprachen wieder. Dem althochdeutschen Ahsala z. B. und dem mittelhochdeutschen Ahsel entspricht unser heutiges Wort Achsel. Bei dem weichen ch, wie z. B. in dem hochdeutschen Ich, wölbt sich der ganze mittlere Theil der Zunge und legt sich vorzüglich mit seinen Seitenparthieen an den harten Gaumen an. Es entsteht auf diese Art hinten ein disponibler Luftraum. Der Wind zischt nun von diesem aus mit geringerer Kraft durch. Im Momente der Aussprache senkt sich bisweilen auch die Zungenspitze herab. Diesen Ton drücken die Spanier durch j und zum Theil durch x aus. Er entspricht wahrscheinlich dem griechischen χ. Im Französischen, Italienischen und Portugiesischen fällt der genannte Laut gänzlich weg (Chladni)[2].

Die Aussprache des rauhen Guttural-Ch stößt vorzüglich bei hochdeutschen Individuen auf eine sonderbare Eigenthümlichkeit. Während sie es nämlich nach a, o und u, z. B. in den Wörtern Fach, Loch, Buch ziemlich rauh aussprechen, vertauschen sie es hinter e, i, ä, ö und ü mit dem weichen ch, um so den Uebergang milder und leichter zu machen. So z. B. in Blech, Strich, Fächer, Löcher, Bücher. Am Anfange des Wortes tönt dann ch entweder eben so weich, wie z. B. in China, Chirurgie, Chrysopras, oder wie K, wie z. B. in Charakter, oder wie Sch, wie in Charteke. Diese Weichheit wird dergestalt habituell, daß z. B. deutsche Theologen, welche erst in späteren Jahren das Hebräische erlernen, das Cheth (ח) z. B. in Chajim (Leben) (חַיִּים), oder das Chaw (כ) z. B. in Chol (Alles) (כֹּל) weich aussprechen. Umgekehrt verdrängt eine häufige Erzeugung des rauhen Ch nicht nur das weiche, sondern substituirt es sogar anderen milderen Lauten. So z. B. entspricht es oft in den schweizerischen Dialekten dem hochdeutschen k, es mag ein Vocal oder ein Consonant darauf folgen, wie statt können chönnen, statt Knabe Chnabe. Wo sogar das Hochdeutsche über ein doppeltes k leichter hinweggleitet, wird hier nicht selten das zweite durch das tiefe Guttural-ch substituirt. So z. B. statt schicken schickchen.

---

[1]) Gilbert's Annalen der Physik und der physikalischen Chemie. Bd. XVI. Leipzig, 1824. 8. S. 214.

[2]) a. a. O. S. 210.

Behufs der Aussprache des j stemmt sich der mittlere und hintere Theil der Zunge gegen den harten Gaumen, läßt jedoch in der Mitte einen Durchgangskanal offen. Der Kehlkopf hebt sich ein wenig, und die Luft streicht nun leise durch den Gaumenzungenkanal gegen die Zähne und Lippen hin. Indem es aber einerseits nur die milde Form des ch darstellt, klingt schon anderseits ein i mit, weil die Stellung der Zunge bei der Aussprache dieses Vocales ähnlich wie bei der Production des j ist. Beiderlei Laute werden daher auch leicht, je nachdem ein Consonant oder ein Vocal folgt, mit einander vertauscht, z. B. jetzt und itzt. Einzelne Dialekte und Sprachen drücken dieses j-Geräusch durch andere verwandte Buchstaben aus. So z. B. manche norddeutsche Sprachweisen durch g, das Holländische und Englische durch y, das Hebräische durch denselben Consonanten, welcher auch das volle i bezeichnet. 956

Das g schließt sich, obgleich es im Wesentlichen einen später zu erläuternden Explosivlaut bildet, den zuletzt betrachteten Consonanten unmittelbar an. Während die Zungenspitze niedergedrückt und an die Unterkieferzähne angelegt wird, stemmt sich die mittlere und zum Theil die hintere Parthie der Zunge gegen den Gaumen. Dieser Verschluß wird dann im Momente der Aussprache plötzlich gelöst. Je nach der Stärke des Stoßes tönt es daher wie g oder härter wie k. Das Erstere wird in der Regel mehr vorn, das zweite weiter hinten articulirt. So lange der Consonant in diesen Grenzen bleibt, gehört er ganz und gar zu den Explosivlauten. Allein sehr viele Sprachen und Idiome verwechseln ihn sehr oft mit ch oder sch oder dsch oder dj, obgleich hier der wesentliche Charakter des Schlaglautes und die oben beschriebene allseitige eigenthümliche Stemmung der Zunge gegen den Gaumen verloren geht. So z. B. in der süddeutschen und norddeutschen Aussprache der Wörter gehen, Tag u. dgl., in dem französischen Garcon und gêner, dem deutschen Generalissimus, dem französischen Généralissime und dem italienischen Generalissimo. Daß g und k je nach der Stärke der Explosion einander häufig substituiren, versteht sich von selbst. Wir haben z. B. für das hochdeutsche Gemse das althochdeutsche gamz und das spanische und portugiesische Gama, das italienische Camozza und das böhmische Kamsik, während sogar wieder in dem französischen Chamois und dem polnischen Giemza die sch- und dj-Laute hervortreten. Ebenso wird k durch einen nachfolgenden Zischlaut zu x. So z. B. entspricht dem mittelhochdeutschen akes das baierische äcks, das schweizerische äx und unser Axt. Endlich ergiebt sich nach dem oben Dargestellten von selbst, daß g und k, wenn sie sich auf einen nachfolgenden Vocal stützen und nur offen und minder explodirend ausgesprochen werden, in h übergehen müssen. So z. B. gothisch guma, althochdeutsch komo und lateinisch homo [1]). 957

Während die meisten Sprachen nur die schwache und starke Explosion als g und k des Deutschen, γ und $\varkappa$ des Griechischen u. dgl. unterscheiden, haben wir im Hebräischen

---

[1]) Eine Reihe hierher gehörender Beispiele siehe in der von Grimm entworfenen Tabelle in Jacob Grimm's Grammatik der hochdeutschen Sprache unserer Zeit. Bearbeitet von J. Eiselein. Constanz, 1843. 8. S. 30. 31.

für die rauhere Explodirung einen schwächeren und einen stärkeren Buchstaben, nämlich das Chaw und das Kaf (כ und ק). Indem jenes leicht in Ch übergeht, findet etwas der Art bei dem letzteren nicht Statt. Aus Kol z. B. wird häufig Chol (Alles) (כֹּל). Dagegen behält Kadosch (heilig) (קָדוֹשׁ) sein hartes k in allen Fällen bei.

958 Das schnarrende k wird unmittelbar zu dem tiefen rasselnden r. Bei diesem hebt sich die Zungenwurzel in die Höhe, während der weiche Gaumen mit dem Zäpfchen nach oben und hinten tritt. Die mit Kraft hervorgetriebene Luft versetzt die Stimmbänder in Vibrationen, die zugleich nur bei sehr starker Tönung auch an dem weichen Gaumen und noch seltener an der Zungenwurzel auf sichtliche Weise hervortreten. Diese Art von r haben wir in dem arabischen Rain und zum Theil in dem r der Berliner Aussprache des Deutschen oder des Genfer des Französischen. Wird dagegen der Laut mehr mit den Vordertheilen des Mundes, wie in dem gewöhnlichen hochdeutschen r gebildet, so zieht sich die Zunge etwas zurück, verbreitert sich vorn und legt sich mit der Spitze an die Hinterseite der Vorderzähne des Unterkiefers an. Die Zahnreihen und die Lippen bleiben etwas geöffnet. Indem nun der Luftstrom durchgestoßen wird, schlagen die Seitenränder der Zunge an den harten Gaumen an, während die Zungenspitze in eine zitternde Bewegung geräth. Die letztere zeigt sich stärker, wenn der Laut lange ausgehalten wird. Da übrigens die Vibrationen die Hauptsache des schnarrenden R-Tones ausmachen, so läßt sich selbst dieser Consonant freilich unvollkommen bilden, wenn man die eingezogenen Lippen bei niederliegender Zunge in Schwingungen versetzt. Hierher gehört wahrscheinlich auch der eigenthümliche dem Schnauben der Pferde ähnliche Laut der Wilden bei Neu-Guinea, den Chladni[1]) durch brr auszudrücken sucht.

Die Aussprache des r setzt nach den eben geschilderten Verhältnissen eine erhebliche Fertigkeit der Zunge, oder eine bedeutende Beweglichkeit des weichen Gaumens voraus. Wir finden daher auch nicht selten, daß Personen, welche sonst gut sprechen, diesen Consonant geradezu hinweglassen und z. B. statt Rudolph Udolph articuliren. Leute mit zu großen Tonsillen haben häufig eine Neigung, statt des r ein l hervorzubringen. Im Chinesischen fehlt das r und wird durch l ersetzt. Selbst in deutschen Dialekten lassen sich Belege hierfür anführen. Der Hochdeutsche, welcher das ch weicher ausspricht, sagt z. B. ohne Beschwerde Kirche. Der Schweizer dagegen, welcher ch tief gutturirt, verwandelt auch consequenter Weise das r in l und spricht Chilche.

Dem tiefen Kehl-r geht natürlich leicht die Kehlaspiration, d. h. ein h voran. Wir selbst sprechen schon oft Worte, welche mit r anfangen, wenn wir sie energisch hervorstoßen, mit einem vorangesetzten Spiritus lenis aus. Aus diesem Grunde finden wir auch häufig, daß manche Dialekte dem r im Anfange geradezu ein h voransetzen. Für das hochdeutsche Rücken haben wir z. B. das angelsächsische hryg, das isländische hriggur, das altnordische hryggr und das angelsächsische hrecg. Lehnt sich das

[1]) a. a. O. S. 213.

anfangende r an einen nachfolgenden Vocal an, so klingt ein halbes h bei irgend nachdrücklicher Aussprache der nothwendigen Aspiration wegen nach. Das feine Ohr der Griechen unterschied diesen Umstand sehr wohl. Daher hat auch dann ϱ am Anfange eines Wortes oder einer mit einem neuen Athemzuge auszusprechenden Sylbe einen Spiritus asper. Dasselbe ist, wenn zwei ϱ unmittelbar auf einander folgen, mit dem zweiten der Fall. Bekanntlich wird dieser Laut dann auch in anderen Sprachen durch ein eingeschobenes h ausgedrückt.

Derselbe Luftstrom, welcher die zur Erzeugung des weichen r nöthigen Schwingungen der Zunge verursacht, kann noch bei seinem Durchstreichen durch die Zähne oder die Lippen zu neuen Lauten benutzt werden. Da dann ohnedies die Seitenränder der Zunge an den seitlichen Oberzähnen und dem harten Gaumen anliegen, der Mitteltheil dagegen zur Bildung des Mundkanales beiträgt, so ist, wie wir bald sehen werden, diejenige Stellung, welche zur Production des sch erfordert wird, von selbst gegeben. Dieses ganz natürliche Verhältniß benutzen slavische Sprachen, wie das Polnische, Böhmische u. dgl., um viele Worte in der Schrift mit rz, in der Aussprache aber mit rsch anzufangen. Auf gleiche Weise kann dann auch der Wind, ehe er vorn zur R-Vibration dient, hinten zu anderen Tönen gebraucht werden. Wir sehen daher auch, daß sich in den verschiedenen Sprachen Laute, wie h, ch, j, g, k u. dgl., vor dem Anfangs-r häufig vorfinden. Hierher gehören z. B. das angelsächsische hreove (Reue), das schweizerische Chrieg, das hebräische Jruschalaim (Jerusalem) (יְרוּשָׁלַיִם), das deutsche Gram und Krieg.

Der Zungenzischlaut s entsteht am einfachsten dadurch, daß sich die 959
convexe Zunge dem harten Gaumen sehr nähert, die Spitze derselben an die Vorderzähne des Unterkiefers, seltener des Oberkiefers anlegt und der Luftstrom entweder zwischen den beiden einander genäherten Zahnreihen oder, wenn diese geschlossen sind, zwischen den Spalten der Vorderzähne durchgezwängt wird. Soll es minder einfach und rein klingen, so bedarf es überhaupt nur einer Stellung, bei welcher die Luft durch einen engen Raum hindurchzischt. Leute mit großen Zahnlücken oder ohne Zähne können diesen Mitlauter zwar aussprechen, verleihen ihm aber nicht selten einen pfeifenden oder zischenden Nebenton, welcher sogleich auffällt. Umgekehrt wird er breit und unangenehm, wenn sich die Zungenspitze zwischen beide von einander etwas entfernte Zahnreihen legt und selbst im Augenblicke des stoßenden Ausganges der Luft etwas vorgeschoben wird.

Die verschiedenen Modificationen, welche der Zischlaut s zu erleiden vermag, kommen, wenn er sich auf einen vorhergehenden oder nachfolgenden Vocal stützt, am deutlichsten zum Vorschein. Manche Sprachen drücken diese Unterschiede durch verschiedene Buchstaben aus. Auf diese Weise haben wir z. B. im Hebräischen als den weichsten Laut des Sain (ז), als den etwas härteren das Sin (שׂ), als den noch härteren das Samech (ס) und als den härtesten das Zade (צ). In die ähnliche Kategorie gehören das deutsche s, sz, ſſ und z, das französische s, z, c u. dgl. Das englische th dagegen wird dadurch gebildet, daß sich die vorgestreckte Zungen-

spitze an den Unterrand der oberen Schneidezähne und den Oberrand der Unterlippe anlegt und im Momente der Aussprache des Lautes vorschiebt.

Das weichste und das etwas stärkere s unterscheiden sich in der normalen Aussprache nur durch die Stärke des Windes und die Schnelligkeit, mit welcher er durch die Spalten der oberen Schneidezähne, wenn diese groß genug sind, hindurchzischt. So z. B. in so und aus, in treize und savon. Eigenthümliche Modificationen des letzteren sind das deutsche sſ und sz. Jedoch legt sich bei diesen Lauten der vordere Theil der Zunge meistentheils convex gegen den harten Gaumen, während sich die Spitze derselben gegen die Unterkieferzähne drängt. Dieses sehen wir z. B. am deutlichsten, wenn wir das Wort Glas abwechselnd mit weichem s oder mit sz aussprechen. Das reine z läßt, wenn es plötzlich und scharf articulirt wird, ein halbes vorangehendes t mitklingen, weil die Zunge unmittelbar vorher vorn in ähnlicher Weise von dem Gaumen abschnellt, um die zur Erzeugung des z nothwendige Stellung anzunehmen. Diese physiologische Nothwendigkeit kehrt auch nicht selten in der Orthographie wieder. So z. B. in dem älteren itzo und dem gegenwärtigen jetzt, in dem mit tz geschriebenen Worte setzen, welches in der Aussprache wie sezzen klingt u. dgl. mehr. Im Hebräischen vereinigen sich Schrift und Sprache mit einander, um alle diese Nuancirungen möglichst genau zu bestimmen. So z. B. Sabach (Opfern) (זֶבַח), Iis'rael (Israel) (יִשְׂרָאֵל), ssabbeenu (sättige uns) (שַׂבְּעֵנוּ), szykkah (Hütte) (סֻכָּה) und Zedek (gerecht) (צֶדֶק).

Folgt auf das s ein t, so muß die Zungenspitze auf abwechselnde Weise in verschiedenem Maaße thätig sein. Sie ruht nämlich im Normalverhältnisse behufs der Aussprache des s im Grunde der Mundhöhle und lehnt sich an die Hinterfläche der Vorderzähne des Unterkiefers. Um nun das t hervorzubringen, muß sie sich umgekehrt an den vordersten Theil des harten Gaumens und die mittleren Oberkieferzähne anfügen und dann für die nachfolgende Explosion des Luftstromes losschnellen. Wird dagegen aus dem s ein sch, so vereinfacht sich dieser Mechanismus in hohem Grade, weil die Zunge bei dem sch mit den Seitenrändern ihres mittleren Theiles dem harten Gaumen anliegt und mit ihrer vorderen Parthie mehr oder minder frei bleibt. Dieses ist z. B. der Grund, weshalb so häufig st und scht in den deutschen Dialekten in Concurrenz treten. Norddeutsche Stämme, welche ihre Sprachlaute überhaupt mehr der vorderen Hälfte ihres Mundrohres anheimstellen, überwinden auch mit Leichtigkeit den complicirteren Mechanismus der Zungenspitze, der zur Production des st erforderlich ist, und sprechen daher auch das lispelndere stehen statt des mitteldeutschen schtehen. Umgekehrt vermeiden süddeutsche und schweizerische Völker, welche ihre Sprachlaute mehr nach dem weichen Gaumen und der Kehle versetzen, jene künstlichere Handhabung der Zunge und substituiren selbst da, wo es sonst leichter geht, scht statt st; so z. B. ischt statt ist. Das Gleiche haben wir in dem hebräischen Schin und Sin, wie in den bekannten Stichworten Schiboleth und Siboleth. Auch bei anderen Lauten kehren ähnliche Verhältnisse wieder. Aus dem griechischen

σχῆμα wird das deutsche Schema; dem schwedischen skänk entspricht Schenk, Iskia verwandelt sich in Ischia, indem die Lautbildung weiter nach vorn gerückt wird.

Der breite Zischlaut des sch entsteht dadurch, daß sich die aufgewulstete Zunge mit ihren Seitenrändern an den harten Gaumen und die seitlichen Oberzähne anlegt, in der Mitte dagegen abflacht und aushöhlt, so daß der Mundkanal, durch welchen der Luftstrom ziemlich langsam hindurchzieht, eine gewisse relative Breite erhält. Er wird dabei, je nachdem die Zahnreihen mehr oder weniger geöffnet bleiben oder gänzlich geschlossen werden, flacher oder zischender. Der letztere Fall tritt daher auch bisweilen bei Personen, welchen einzelne Vorderzähne mangeln, auf eine nicht selten störende Weise hervor. Bei Zahnlosigkeit erzeugen die bis auf eine kleine Spalte geschlossenen Zahnfleischränder die dünne, zum Zischen nothwendige Lücke. Diese Art der Tönung des sch hat schon für den Menschen etwas Unangenehmes und dient ihm in gleicher Eigenschaft z. B., um Hunde oder Thiere zu Zornausbrüchen anzuregen. 960

Soll dagegen der Laut milder werden, so verkleinert sich der Mundkanal, indem die Zunge bei ihrer Aufwulstung andere Formen annimmt und sich mehr gegen den harten Gaumen stemmt. Er fällt daher auch weniger charakteristisch aus und geht dann allmälig in weichere Consonanten über.

Die bedeutende Mannichfaltigkeit des möglichen Ausdruckes dieses Zischgeräusches scheint auch der vorzüglichste Grund zu sein, weshalb nur wenige Sprachen, wie z. B. die semitischen, das Russische u. dgl. besondere Buchstaben für dasselbe haben, die meisten dagegen sich oft mit sehr unpassenden Bezeichnungen in dieser Hinsicht behelfen. So im Deutschen sch oder bei sehr weicher Aussprache g (z. B. Loge), im Französischen und zum Theil dem Spanischen ch und wiederum sehr mild als g (z. B. gentil), im Portugiesischen x, im Italienischen zum Theil sc u. dgl. In der Sprache der Eingeborenen von Tahiti und anderen Südseeinseln fehlen solche Zischconsonanten gänzlich (Forster).

Das f wird am natürlichsten dadurch hervorgebracht, daß man den Unterrand der vorderen Oberkieferzähne auf den Oberrand der etwas nach hinten gezogenen Oberlippe leise aufstellt und nun die Luft durch die Zwischenräume der Zähne oder in selteneren Fällen durch die feine Spalte, welche zwischen der oberen Zahnreihe und der Unterlippe übrig bleibt, hindurchzischen läßt. Hierbei liegt dann der Mitteltheil der Zunge am harten Gaumen, die Spitze derselben dagegen an der Hinterfläche der Unterzähne. Daß aber dieser Consonant noch durch andere Stellungen der Mundtheile hervorgebracht werden könne, haben wir schon §. 954 gesehen. In jedem Falle ist sein Zischton bald kürzer, bald länger, und das Deutsche sucht das letztere wenigstens häufig durch ff auszudrücken. Auf die in manchen Sprachen auffallend hervortretende Verwechselung von f, b oder p werden wir bald bei Gelegenheit dieser Explosionslaute zurückkommen. 961

Das weichere w setzt im Ganzen dieselbe Stellung der einzelnen

Theile der Lippen, der Zähne und der Zunge voraus und unterscheidet sich im Wesentlichen nur dadurch, daß die Mundspalte breiter wird. Verstärkt sich nicht dabei der Wind in bedeutendem Maaße, so wird der Laut milder und bleibt rein. Tritt aber jene Compensation ein, so tönt leicht ein halbes u mit, während umgekehrt die Aussprache von qu unmittelbar in qw überführt. Hieraus erklärt sich dann auch die Production des englischen Anfangs-w, welches z. B. in well fast wie ouell klingt. Bisweilen ergiebt sich dann der Uebergang in einen entsprechenden Mittellaut der leichteren Aussprache wegen von selbst. So z. B. bringen wir leichter Aneurysmen als Anevrysmen hervor. Diese Verhältnisse scheinen auch der natürliche Grund zu sein, weshalb z. B. u und v im Lateinischen und Griechischen in solcher Verwandtschaft zu einander stehen und das volle u oder o des Hebräischen, d. h. dasjenige, welche nicht durch Vocalstigmen, sondern durch Buchstaben ausgedrückt werden soll, durch das sonst wie w ausgesprochene Zeichen (Waw ו) wiedergegeben wird. So z. B. in Halleluja (Lobet den Herrn) (הַלְלוּיָה) oder in Jom (Tag) (יוֹם).

Das v fällt zwar in der Aussprache meistentheils mit f oder w zusammen, bildet jedoch streng genommen eine Mittelformation zwischen diesen beiden Consonanten, indem die Mundspalte bei genauer Articulation etwas breiter als bei f ausgezogen wird.

962 Bei den beiden Lippen-Explosivlauten b und p werden die Lippen unmittelbar vorher geschlossen und dann, wenn der Luftstrom bis zu ihnen vorgedrungen, plötzlich geöffnet. Die Zähne und die Zunge verhalten sich hierbei mehr passiv. Lagen die Zahnreihen an einander, so müssen sie im Momente der Aussprache oder kurz vorher ebenfalls entfernt werden. Der Hauptunterschied von b und p liegt dann in der Stärke der Aspiration, welche bei dem ersteren schwächer als bei dem letzteren erscheint. Der gelindere Stoß des Windes bei b bedingt zugleich eine Art von Resonanz eines halben e in der hinteren Hälfte des Mundrohres, während die stärkere Tönung des p in der Mundspalte selbst liegt.

Der gegenseitige Umsatz von b und p, wie er häufig vorkommt, bedarf nach dem eben Erörterten keiner näheren Erklärung. Allein merkwürdiger Weise zeigen auch diese Consonanten mit f, v oder w eine große Verwandtschaft oder bilden Aequivalente derselben in verschiedenen Sprachen. Im Hebräischen z. B. wird aus bajom (am Tage) (בַּיּוֹם), wenn das waw affixum (und) vorkommt, uwajom (und am Tage) (וּבַיּוֹם) oder aus pikdonenu (unser Andenken) (פִּקְדוֹנֵנוּ), ufikdonenu (und unser Andenken) (וּפִקְדוֹנֵנוּ). Dem griechischen und lateinischen Cannabis entspricht das althochdeutsche hanaf, dem griechischen πεμπε das gothische fimf und das althochdeutsche vinf, dem lateinischen pulex das althochdeutsche vló und das neuere Floh. Das griechische β sprechen die Neugriechen wie w aus. Die Gascogner vertauschen im Französischen b und v und umgekehrt mit einander. Dasselbe Schicksal erleidet das b in manchen spanischen Worten, und ebenso lautet z. B. das Wort aber in manchen Dialekten des südwestlichen Deutschlands wie awer. Geht ein u oder a

oder selbst ein anderer Vocal dem b oder p voran, so ist es bequemer, sogleich ein f oder w auszusprechen, als eine neue Explosion behufs des b oder p einzuleiten. Beginnt dagegen ein Wort mit diesen Consonanten, so wird es, wenn der Mitlauter überhaupt leise articulirt wird, wie es scheint, im Ganzen gleichgültig, in welcher Weise er, wenn nur die Lippen dabei eine wesentliche Rolle spielen, hervorgebracht werde.

Die gleichzeitige Combination von p und f setzen, wie sich physiologisch von selbst ergiebt, eine sehr schnelle und complicirte Folge der Stellungen der Lippen und der Zähne voraus. Diese Verbindung erregt daher auch bei Leuten, welche zum Stottern geneigt sind, sehr große Schwierigkeiten. Individuen, die mit weniger Aesthetik das Deutsche sprechen, überheben sich nicht selten dieser Schwierigkeit und lassen bei niedriger Ausdrucksweise das f am Anfange oder Ende des Wortes hinweg oder verwandeln es in der Mitte desselben in ein zweites p. Auf diese Art wird dann aus Pforte Porte, aus Kopf Kop und aus Apfel Appel.

Was b und p für die Lippen, bilden in vieler Beziehung d und t 963
für die Zunge und den harten Gaumen. Die Explosion des Luftstromes erfolgt hier in dem vorderen Theile des Mundrohres hinter den Zähnen. Entweder legt sich der vordere Theil der Zunge an den harten Gaumen, während die Spitze nach abwärts geneigt ist, oder diese stemmt sich gegen den Gaumen und die vorderen Oberkieferzähne. Eine schwache Aspiration giebt dann während des Losschnellens d, eine starke t. Im letzteren Falle klingt leicht bei der Stärke des Aushauchens ein schwaches h mit. Daher z. B. die Griechen δ, τ und ϑ mit Recht unterscheiden.

Zischt die stärkere explodirende Luft durch die Zwischenräume der Ober- 964
kieferzähne nachträglich durch, so tönt dabei ein s. Dieses erklärt z. B. die Aussprache des neugriechischen ϑ, mancher englischen th, sowie des Ueberganges des hebräischen Taw in Tsaw (ת in ת). Ebenso können sich s, t und d wechselseitig vertreten, wie z. B. dem griechischen συ das lateinische tu und das deutsche du entspricht. In die gleiche Kategorie gehören z. B. das lateinische Mentha, das angelsächsische Minta und das deutsche Münze.

Endlich bilden g und k hintere Explosionslaute des Mundrohres. 965
Die mittlere und zum Theil die hintere Parthie der Zunge legt sich zu diesem Zwecke an den harten Gaumen und öffnet dann den Verschluß, damit ein schwächerer oder stärkerer Stoß des Windes möglich werde. Jedoch kann auch vorzüglich das g, wie wir zum Theil schon früher sahen, dergestalt articulirt werden, daß in der Mitte der mit ihren Seitenrändern an die Zähne sich anlegenden Zunge ein Raum offen bleibt und eine unvollständige oder gar keine Explosion erfolgt. Die Uebergänge dieser Laute in andere wurden schon §. 957 erörtert.

Dem Nasenrohre fiel bei allen bisher erörterten Consonanten keine 966
wesentliche Rolle zu. Wir können es zwar dazu gebrauchen, um sie mehr oder minder mit einem näselnden Timbre auszusprechen. Allein wir sind im Stande, b, c, d, f, g, h, k, ch, p, q, r, s, sch, t, v, w, x und z selbst bei fest zugehaltenen Nasenlöchern deutlich zu articuliren. Bei l, m, und n

ist dieses in dem gleichen Falle nicht möglich. Die Laute gehen dann, wenn sie isolirt gebildet werden, in t oder p über. Sind sie mit nachfolgenden Vocalen verbunden, so gelingt ihre Erzeugung unter jener Voraussetzung nur mit vieler Mühe und unrein, oder sie werden unter einander oder mit den erwähnten Consonanten verwechselt. Es klingt dann z. B. Mensch wie Bensch, nehmen wie dehmen und Liebe wie Niebe. Umgekehrt erhält das d oder t eine Beimischung von l oder n, wenn wir einen großen Theil des starken Luftstromes statt durch den Mund durch die Nase hindurchleiten.

967 Der mittlere oder vorderste Theil der Zunge stemmt sich behufs der gewöhnlichen Bildung des l dergestalt gegen den harten Gaumen, daß hinter ihm ein ausgehöhlter, nach beiden Seiten geöffneter Palatinal-Zungenraum übrig bleibt. Indem alle Theile in ihren Stellungen verbleiben, zischt dann der Wind durch diese seitlichen Mündungen heraus und tritt vorzüglich durch die Mundwinkel hervor. Hierbei berührt die Zungenspitze in der Regel die vorderen Oberkieferzähne, während die Zahnreihen und die Lippen etwas geöffnet oder selbst die letzteren in der Mitte geschlossen erscheinen. So nothwendig aber für die Aussprache des l der laterale Umweg der Luft längs der Backzähne zu sein scheint, so wenig braucht sich der Luftstrom zweien seitlichen Palatinal-Zungenöffnungen entsprechend zu theilen. Denn wir sind im Stande, diesen Laut ganz rein zu articuliren, wenn sich der eine Seitenrand der Zunge an die entsprechenden Oberkieferzähne andrückt, während der übrig bleibende Seitentheil durch sein Niedersenken einen Palatinal-Lingualraum erzeugt. Man sieht leicht, daß diese für das l nothwendigen fixen Stellungen denjenigen sehr nahe kommen, welche der Explosion bei der Aussprache des d und t unmittelbar vorangehen. Ebenso braucht nur die Zunge in der Mitte und vorn einen nicht sehr bedeutenden Mundkanal offen zu lassen, wenn der durchströmende Wind einen i-Laut hervorrufen soll. Dieses erklärt dann, weshalb so oft im Italienischen, Spanischen und Französischen neben dem l ein halbes i bis j mitklingt. So z. B. fille, feuille. In dem milden Italienischen supplirt sogar das i das l. Wir haben z. B. für planus piano, für flos fiore.

Versetzt man den Raum, zu dessen Seiten die Luft hinausgetrieben wird, weiter nach hinten, so daß er mehr durch den weichen Gaumen und die Zungenwurzel begrenzt wird und die Zungenspitze am harten Gaumen weiter nach hinten gezogen ist, so erhält das l einen weniger ästhetischen, voller klingenden Ton, welchen auch manche Sprachen und Dialekte, wie z. B. das Polnische, das Türkische, das Mittelschweizerische und das Englische, z. B. in well, schell benutzen. Gehen diesem l als Vocale a oder u voran, so klingt leicht ein halbes o mit. Stützt es sich dagegen auf ein vorausgestelltes i, so wird oft, besonders von minder geübten Zungen ein u dazwischen geschoben. Das Wort Milch z. B. tönt dann beinahe wie Miulch.

968 Bleibt die mittlere oder vordere Parthie der Zunge an den harten Gaumen angedrückt, während der größte Theil des Windes nicht durch den Mund, sondern durch die Nase entweicht, so entsteht der Laut des n.

Er setzt aber zu gleicher Zeit eine Oeffnung der Zähne und Lippen oder wenigstens der Mundwinkel voraus. Dieses einfache n findet sich z. B. in den Wörtern an, nichtig u. s. w. Folgt auf dasselbe ein g, ohne daß dieses eine neue Sylbe beginnt, so wird das n stärker aspirirt und verwandelt es sich in k. Wir sprechen daher Fang wie Fank aus, unterscheiden aber genau singen und sinken. Während jedoch der Nasentimbre bei diesen n-Lauten entweder gänzlich zurücktritt oder kaum vernehmbar ist, wird die nasale Resonanz bei anderen Arten von n, z. B. in Anker, an (Jahr) vorherrschender und gewinnt z. B. in eng, ainsi die Oberhand. Hier klingt dann leicht, wenn die Tönung in eigenthümlicher Art modificirt wird, ein halbes g oder j oder i nach. Die Spanier z. B. bezeichnen diesen Laut durch ihr n con tilde (ñ). Die verschiedenen Sprachen unterscheiden sich oft sehr bestimmt durch ihre abweichenden Articulationen des einzelnen n. Man hört dieses z. B. in dem deutschen sonder und dem französischen sonder, dem italienischen bontá und dem französischen bonté deutlich.

Die Erzeugung des m endlich setzt die gleichzeitige Thätigkeit des Lippen- und des Nasenrohres voraus. Viele Grammatiker stellen diesen Consonanten mit b oder p oder mit b und f zu den Lippenbuchstaben. Allein eine solche Anordnung ist deshalb unrichtig, weil jene Mitlauter selbst bei Verstopfung des Nasenrohres deutlich articulirbar sind, das m dagegen bei festem Verschluß der Nasenöffnungen wie b oder p klingt. Bei seiner Bildung klappen die Lippen zusammen, während die Luft durch die Nasenhöhle getrieben wird. Hierbei geht es, sowie die Schließung nicht mehr den Lippen allein, sondern auch der Zunge anheimgegeben wird, unmittelbar in n über. Daher auch beiderlei Consonanten, besonders wenn sie sich an einen vorangehenden Vocal anlehnen, geradezu in vielen Sprachen für einander vicariiren. So z. B. entspricht dem lateinischen centrum das griechische *κέντρον*, während condemnare, verdammen, im Französischen condamner wie condanner lautet.

Bei der eben geschilderten Mechanik habe ich, so sehr es anging, mein eigenes Sprachorgan vorzugsweise berücksichtigt. Aehnliche, jedoch im einzelnen bisweilen abweichende Darstellungen, welche sich besonders auf das Physiologische beziehen, finden sich in: W. von Kempelen, Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine. Wien, 1791. 8. S. 178 fgg. E. F. F. Chladni in Gilbert's Annalen. Bd. XVI. Leipzig, 1824. 8. S. 187—216. C. F. Heusinger in seiner Uebersetzung der dritten Auflage von Magendie's Physiologie. Bd. I. Eisenach, 1834. 8. S. 277 — 290. Jan Puskińe Badania, w przedmiocie fizyologii mowy Ludzkiéj. Kraków, 1836. 8. Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. I. Coblenz, 1837. 8. S. 231—40. und F. Blume, neueste Heilmethode des Stotterübels. Quedlinburg und Leipzig, 1841. 8. S. 32—43.

Kratzenstein, Kempelen und R. Willis versuchten mit mehr oder minder Glück durch künstliche Vorrichtungen oder sogenannte Sprachmaschinen die einzelnen Consonanten und Vocale wiederzugeben. Der Mechanismus von Kempelen, welcher selbst ganze französische oder italienische Sätze (z. B. je vous aime de tout mon coeur) und einzelne deutsche Worte hervorbrachte, ist in des Verfassers oben angeführter Schrift S. 388—456 ausführlich geschildert. Seine wesentlichsten Theile bestehen aus einem nach Art des Mundstückes der Clarinette eingerichteten Zungenwerke, welches entweder Baß- oder Falsettöne hervorbringt, einer Windlade, einem Blasebalg und einem Ansatzrohr, welches den Mund vorstellt und zwei Nebenröhrchen als Analoga der Nasenkanäle hat.

969 Manche wilde Stämme besitzen in ihren Dialekten außer den eben behandelten Lauten, welche in den Sprachen aller gebildeten Völker wiederkehren, eigenthümliche schnalzende, schnarrende und brummende Töne, deren physiologische Analyse noch von der Zukunft zu erwarten ist. Die Bildung von vielen derselben setzt ein gleichzeitiges oder vorangehendes Einziehen der Luft in den Mund voraus und unterscheidet sich daher wesentlich von der Formation der Consonanten civilisirter Nationen.

Die Erzeugung der gewöhnlich bei dem Lautiren der Buchstaben und Worte hervorgebrachten Geräusche setzt nicht nothwendig voraus, daß die Luft von den Lungen aus heraufgepreßt werde, sondern kann selbst ohne diese Bedingung und wenn eben nur Atmosphäre in dem oberen Theile des Kehlkopfes und des Pharynx, so wie dem Mund- und dem Nasenrohre in Bewegung gesetzt wird, erfolgen. Bringt man z. B. eine mit einem Condensationsapparate in Verbindung stehende elastische Röhre durch die Nase in den obersten Theil des Pharynx ein und läßt in diesen verdichtete Luft einströmen, so kann sie nach Art der Stimme articulirt werden. Die auf solche Weise zu bildenden Töne kommen sogar neben den gewöhnlichen Lauten zu Stande (Deleau). Diesem zum Theil entsprechend war ein Mensch, bei welchem die Communication der Luftröhre mit dem Kehlkopfe in Folge eines verunglückten Selbstmordversuches durch Verwachsungen unterbrochen worden, im Stande, b, c, d, f, g, h, i, j, k, p, q, r, s, t, u, v, x, y, z im Französischen zu articuliren. a, e, l und vorzüglich o bereiteten sehr große Schwierigkeiten. Die Aussprache von m und n dagegen war gänzlich unmöglich. Der Mann mußte durch eine Luftröhrenfistel, in welche er eine Canüle einbrachte, athmen. Beabsichtigte er zu sprechen, so öffnete er den Mund, senkte den Pharynx, hob den Kehlkopf, nachdem er den Stimmkanal mit Luft gefüllt hatte, in die Höhe und lautirte stoßweise und mit Intervallen zwischen je zwei Worten, als wenn er husten wollte. Obgleich sein Ausdruck nicht rein war, so war er doch deutlich zu verstehen. Mit den Körperkräften nahm auch in der Folge seine Sprache, die selbst bei verschlossenen Nasenlöchern möglich war, ab. Er konnte überdies pfeifen, sich schnäuzen, husten und niesen. Die Verwachsung selbst lag, wie die spätere Section lehrte, zwischen dem Ring- und Schildknorpel und war so dicht, daß kein Minimum von Flüssigkeiten, welche in den Kehlkopf gespritzt wurden, in die Luftröhre eindrang (Regnauld) [1]).

970 Die Sprachorgane bedürfen gleich allen anderen Apparaten der Muskelbewegung einer bestimmten Uebung, um die mannichfachen Consonanten und Vocale hervorzubringen. Das Kind, welches charakteristische Laute zu bilden anfängt, producirt nur die leichtesten, wie a, ä, e, i, u, b, l, t, das schnarrende r, ein nicht ganz präcises m u. dgl. von selbst. Lernt es später nur eine Sprache reden, so werden seine Organe in einer bloß einseitigen Richtung erzogen. Dieser Fehler bleibt dann auch für die Folge mehr oder minder habituell. Schwierigere Laute anderer Sprachen können daher nur mit Mühe oder gar nicht nachgeahmt werden. So z. B. sind die meisten Deutschen außer Stande, das englische th, die Franzosen und Engländer das weiche ch, die westlichen Schweizer das ei, welches bei ihnen mehr wie ai klingt, die Italiener das lange o u. s. w. gehörig wiederzugeben. Zarte Kinder dagegen, welche mehrere Sprachen gleichzeitig erlernen, erlangen dadurch eine so vielseitige Beweglichkeit ihrer Sprachwerkzeuge, daß sie die mannichfaltigsten Dialekte gleich den Eingebornen zu articuliren vermögen.

971 So sehr aber auch die gegenseitige Combination der Vocale und Consonanten und die Aneinanderreihung der letzteren in den verschiedenen Sprachen wechselt, so werden doch dabei die physiologischen Normen der Sprach-

[1]) Gazette médicale de Paris. 1841. 4. Nr. 37. 583—585.

werkzeuge in keinem Falle hintangesetzt. Immer lehnt der Mensch Vocale an Consonanten, damit eine Reihe von Lauten im Laufe einer Exspiration hervorgebracht werden könne. Ebenso folgen meistentheils nur solche Consonanten auf einander, bei denen ein vorderer und ein hinterer Theil der Sprachorgane unmittelbar nach einander thätig sind, oder die wenigstens keine zu künstlichen Sprünge der einzelnen Parthieen der Mundtheile erfordern [1]). Aus den gleichen Gründen haben z. B. das Hebräische und Arabische, welche tiefe Gutturalvocale besonders häufig gebrauchen, das tiefe ch, das rasselnde a und r besonders ausgebildet. Ebendeshalb bilden die Schweizer, bei ihrer vorzugsweisen Benutzung der hinteren Hälfte ihrer Sprachwerkzeuge, das y statt des ei und das Guttural-ch und -l auffallend aus, während die Norddeutschen und Engländer, welche mehr die vorderen Parthieen des Mundrohres in Anspruch nehmen, auch das lispelnde s, st, th, die Franzosen die Nasenklänge u. dgl. mit Vorliebe gebrauchen.

Es versteht sich von selbst, daß organische Fehler der Sprachwerkzeuge, wie z. B. der Lippen, der Zähne, der Zunge, des weichen Gaumens, der Mandeln und der Stimmbänder wesentliche Hindernisse dem Sprechen in den Weg legen müssen. Allein die meisten Abnormitäten desselben entstehen dadurch, daß die einzelnen Theile der sonst regelrecht gebildeten Sprachwerkzeuge den erforderlichen Bedingungen träger gehorchen oder zartere Stellungsverhältnisse gar nicht vermitteln können. Manche Stämme z. B. sind nur stärkerer Explosionen der Lippen fähig und reden daher immer Putter statt Butter. Andern begegnet dasselbe an der Spitze oder der Wurzel der Zunge. Sie articuliren deshalb tas statt das oder kroß statt groß. Noch Andere endlich verwechseln f mit w und sprechen darf wie darw. Seltener schon wird g mit t vertauscht. Einzelne Erwachsene und vorzüglich kleine Kinder sagen nicht selten Tlück statt Glück oder theinen statt keinen, weil die erstere Combination eine unmittelbare Succession der vorderen und hinteren Zungentheile einschließt, welche der letzteren als der complicirteren abgeht. Ausländer, z. B. Franzosen, die seltener am Anfange der Wörter scharf zu aspiriren gewohnt sind, sprechen oft aben statt haben. Aus ähnlichen Gründen machen sie sowohl, wie Italiener und Engländer, welche das Deutsche zu erlernen anfangen, aus ich ik. Personen mit geringerer Beweglichkeit der Zunge bringen nie das feine l gut hervor, sondern lassen es, wo es angeht, ganz hinweg oder bilden es als rauheren hinteren Gaumen-, Zungen- oder Gutturallaut oder schalten vor ihm ein halbes d ein, so daß z. B. Bild wie Bidld klingt. Manche Dialekte, wie z. B. das Oesterreichische, gefallen sich sogar darin, das e, welches vor dem Schluß-l kommt, so sehr als möglich zu verschlucken und z. B., so weit es überhaupt angeht, Pfandl, Bachl, Kinderl, Hirschl u. dgl. zu sprechen. Daß m bei voller Nase oder zu großen Tonsillen leicht zu b und n zu l oder d werde, wurde schon früher erwähnt. Eben so haben wir gesehen, daß das einfache r durch eine schnarrende Aussprache zu rr wird. Bei Leuten, welche dessen wegen Anschwellungen oder anderen Abnormitäten im Isthmus faucium unfähig sind, tritt bisweilen h, l oder w hervor. Das s klingt entweder zu zischend oder hat sogar einen Nebenton von f, oder wird zu breit und geht daher unmittelbar in ein weicheres oder breiteres sch über. Das erstere entsteht vorzüglich, wenn die Zungenspitze die Oberkieferzähne, das letztere, wenn der Zungenrücken vorn den harten Gaumen berührt. Deutsche, die keine Uebung im Französischsprechen haben, verwechseln oft das harte sch mit dem weichen und sprechen schamais statt jamais. Nur bei sehr geringer Beweglichkeit der Zunge geht t in k über. Desto eher verwandelt sich w in b, so daß z. B. diese Verwechselung bei den Krainern habituell wird. (Bei barmem Better statt bei warmem Wetter) [2]).

---

[1]) Tabellen, welche diese Combinationen in verschiedenen Sprachen betreffen, geben Kempelen a. a. O. S. 371—386. und K. M. Rapp, Physiologie der Sprache. Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1836. 8. S. 86—98.

[2]) Kempelen a. a. O. S. 366.

Während ein theilweiser Mangel der Vorderzähne die Sprache einzelner Buchstaben, wie des s und j, zu zischend oder zu breit macht, verursacht eine zu große Kürze des Gaumensegels oder ein Loch im harten Gaumen einen fortwährenden Nasenton der Stimme. Mangel der Nasenscheidewand oder der Nasenbeine bedingt ähnliche Effecte und verändert vorzüglich die Resonanz des m und n auf eine unangenehme Weise. Eine zu große Unbeweglichkeit der Zunge, wie sie z. B. bei Trunkenen oder Halbcretins vorkommt, ertheilt der Stimme einen widerlichen und undeutlichen lallenden Character. Bei halbseitiger Lähmung der Zunge, wie sie z. B. bei Hemiplegischen häufig vorkommt, tritt dieser Uebelstand in noch höherem Grade ein. Bei vollkommener Paralyse oder Mangel derselben können zwar noch einzelne unarticulirte Laute, aber keine irgend deutlichen Worte hervorgebracht werden.

Das regelmäßige Sprechen setzt einen präcisen und sehr raschen Wechsel der verschiedenen Stellungen der einzelnen Sprachwerkzeuge voraus, ungefähr wie der Clavierspieler in wenigen Secunden die differentesten Tasten in der mannichfaltigsten Weise mit seinen Fingern berühren muß. Dieses Problem kann aber nur gelöst werden, wenn alle Theile auf das Pünktlichste dem Nervensysteme gehorchen und das letztere selbst, durch keine anderen Momente zerstreut, seine Befehle schnell und zweckmäßig ertheilt. Fällt eine solche Bedingung aus, so muß sich dieses auf der Stelle in der Sprache reflectiren. Mangel an gehöriger Uebung verursacht immer ein langsameres oder unrichtigeres Sprechen. Durch Zerstreuung, Verlegenheit oder Gemüthsaffecte werden leicht einzelne Worte zu lang ausgezogen oder mit Einschaltungsvocalen versehen, welche nicht hergehören. Man spricht z. B. statt ich īch oder iech oder ichä. Im Zorn wird das anredende Herr zu Herrr — u. s. w. Häufig vertauschen sich dann auch einzelne Consonanten, oder es werden vorzüglich schwierigere Worte oder Silben fehlerhaft articulirt. Endlich kann auch die unregelmäßige Stärke des Windes ein Prasseltönen verursachen oder Speichel hervorspritzen lassen.

Eine eigenthümliche krampfhafte Affection bildet das Stottern. Hier können zwar die einzelnen Laute gut articulirt werden. Allein ihre Verbindung stößt auf Schwierigkeiten, so daß einerseits beabsichtigte Töne ausbleiben, während anderseits relativ leichtere mehrere Male hinter einander unwillkührlich wiederholt werden. Beiderlei Fälle treten schon häufig bei Gesunden, welche sich in Verlegenheit befinden, hervor. Hier, wie bei dem habituellen Stottern beruht das vorzügliche Leiden der Betreffenden auf einem augenblicklichen Krampf der Kehlkopfmuskeln mit oder ohne einen solchen der hinteren Sprachwerkzeuge und ein pathologisches Erzittern der vorderen Sprachorgane, welche auf consensuelle Weise die geringere Thätigkeit der hinteren durch zu oft wiederholte Bewegungen zu compensiren suchen. Indem nun aber bald die eine, bald die andere Richtung vorherrscht, indem sich abnorme Mittelresultate bilden und allgemeinere convulsivische Bewegungen bei größeren Anstrengungen hinzutreten, erzeugt sich eine unendliche Mannichfaltigkeit von Stotterübeln, die sich nur schwer unter gewisse allgemeinere Rubriken bringen lassen.

1) Der Krampf der Kehlkopfmuskeln bedingt die wesentlichsten Hindernisse (Gutturotetanisches Stottern). Dadurch, daß die Stimmritze nebst dem weichen Gaumen und der Zungenwurzel nicht gehörig gehorchen, stößt die Aussprache der Vocale a, e, i, o, u, so wie die des g, k, ch, qu und zum Theil selbst des l auf Schwierigkeiten. Im günstigsten Falle werden die Töne grob und springen aus einem Vocal in einen andern, z. B. aus a in ao und o, oder aus einer Tonweise in die andere über. Zwischen den einzelnen erzeugten Lauten liegt ein Zeitabschnitt, in welchem sich das Stimmorgan sammelt oder bei der Rauhigkeit seiner Muskelbewegungen unfruchtbare Anstrengungen macht. Erreicht der Stimmritzenkrampf sein Maximum, so können gar keine Laute hervorgebracht werden. Das Hinderniß der Athmung, vorzüglich aber das so intensive Bemühen, die gehörigen Töne zu erzeugen, bedingt nicht selten eine Reihe der heftigsten Krampferscheinungen im übrigen Körper. Die convulsivischen oder unzweckmäßigen Contractionen dehnen sich zunächst auf die Kau- und Gesichtsmuskeln, so wie auf die äußere Muskulatur des Kehlkopfes und des Zungenbeines, dann aber auch auf die des Halses, der Brust, des Nackens und selbst der Extremitäten aus.

2) Als Gegenstück dieses starren Krampfes der hinteren Theile der Sprachwerkzeuge erscheinen die convulsivisch sich wiederholenden Bewegungen der vorderen. Der Stotternde bildet daher zunächst die Lippenlaute öfter hinter einander und spricht statt brauchen

be—be—be—berauchen, statt Pein Pe—pe—pe—pein. Er stößt ferner z. B. bei dem m, zu dessen Aussprache der vorangehende Verschluß der Lippen nothwendig ist, an, indem die Zunge in ähnliche krankhafte Schwankungen geräth und die unpassenden Laute in der Mitte oder dem hinteren Theile der Mundhöhle wiederholt werden. Verwandte Erscheinungen treten bei Buchstaben, deren Lautirung eine gewisse fixe Stellung der Zunge voraussetzt, z. B. dem d, t, g, k, l und zum Theil n auf. Man hat diese zweite compensirende Art des Stotterns mit dem Namen des labio-choreischen bezeichnet. Nach dem eben Dargestellten aber dürfte die Benennung des choreischen im Gegensatze zu der des tetanischen vorzuziehen sein. Beiderlei Modi finden sich meist gleichzeitig, so jedoch, daß bald der eine, bald der andere vorherrscht. Daß als Nebenphänomene des Stotterns die Convulsionen der Gesichtsmuskeln, das unpassende Durchzischen der Luft durch den Mund, das Hervorspritzen des Speichels sehr leicht auftreten können, versteht sich von selbst. Die Athmungsbeschwerden, welche sich hiermit nicht selten verbinden, erzeugen Röthe oder Bläue des Gesichts, die Convulsionen der Gesichtsmuskeln Thränen der Augen. Ist der Krampf überwunden, so spricht oft der Mensch die beabsichtigten Worte weit rascher, als er soll oder will.

Wenn Stotternde in der Bildung einzelner Vocale oder Consonanten Schwierigkeiten finden, so fallen diese hinweg oder werden wenigstens bedeutend vermindert, sobald sie passende Uebergangslaute oder Zwischentöne einschalten können. Gutturotetanische articuliren z. B. leichter ĕā als a, choreische eher ebela als bla, pfater besser als Vater und dergleichen.

Das Leiden kommt weit häufiger bei Männern als bei Frauen vor. Nach der Schätzung von Colombat [1]) findet sich in Frankreich unter 2500 Männern je ein stark Stotternder, während bei Frauen erst ein Verhältniß = 1 : 20000 existirt. Dieser Unterschied hat wahrscheinlich darin seinen ursprünglichen Grund, daß sich der männliche Kehlkopf bedeutender entwickelt, seine Muskeln rigider und daher von den Nerven schwieriger zu beherrschen sind und der Mann seine körperlichen Zustände weniger berücksichtigt, Gebrechen der Art minder zu verbergen sucht als die Frau. Aus dem letzteren Grunde findet sich auch bei dieser das tumultuarische Stottern mit oder ohne Ausspritzen des Speichels bei weitem seltener.

Daß das Uebel in dem Einflusse der Nerven auf die Sprachwerkzeuge vorzugsweise begründet sei, lehren einzelne Erscheinungen und veranlassende Ursachen desselben. Jeder Stotternde verliert seine Infirmität während des Singens [2]) theilweise oder gänzlich, wird aber von ihr, so wie er in seinen Gedanken unklar wird oder eine fremde, ihm nicht geläufige Sprache reden soll, in höherem Maaße afficirt. Es giebt sogar Individuen, welche z. B. in Heilanstalten das Hochdeutsche vollkommen gut zu sprechen gelernt haben, sogleich aber wieder zu stottern anfangen, so wie sie in ihre Heimath zurückgekehrt ihren Volksjargon zu lautiren beginnen. Personen, die in früheren Jahren an diesem Uebel gelitten haben, articuliren später, so wie ihr Geist mehr Selbstständigkeit erlangt, auf befriedigende Weise. Menschen, welche viel mit Stotternden umgehen, die Sprache derselben zuerst aus Leichtsinn nachahmen oder einen solchen Fehler simuliren, um sich z. B. der Militärpflicht zu entziehen, werden von ihm nicht selten in der Folge wahrhaft heimgesucht. Manche Individuen sprechen ganz gut, wenn sie allein sind oder sich nur in vertrauten Kreisen befinden, stoßen aber an, so wie sie Fremden begegnen. Bei Anderen tritt das Uebel nur zu gewissen Zeiten und vollkommen intermittirend ein. Sehr lebhafte und geistvolle Personen gelangen bisweilen dadurch zum Stottern, daß ihre Ge-

---

[1]) Colombat Dissertation sur le bégaiement, ses causes, ses variétés, ses moyens curatifs, procedée de quelques considérations psychologiques et physiologiques sur la formation de la parole et sur l'origine des sons vocaux articulés. Strasbourg, 1836. 4. p. 54.

[2]) Dieser Einfluß des Rhythmus zeigt sich auch bei anderen Muskelbewegungen. Schon die unwillkührliche Association der Musik mit dem Tanze, das Geberdenspiel, welches viele Völker mit ihrem accentuirten Sprechen verbinden u. dgl. bilden Belege desselben. Colombat (a. a. O. S. 36) erwähnt einen Fall, in welchem ein junges Mädchen bei seinen gewöhnlichen Bewegungen ohne sichtlichen organischen Fehler hinkte, dagegen vollkommen gut tanzte und schon, wenn es nur mit einem Anderen in regelmäßigem Schritt ging, keine Abweichung wahrnehmen ließ.

danken ihre Worte überholen und sich ihre Stimmwerkzeuge in einem fortwährenden Kampfe der gewünschten und der möglichen Thätigkeitsgröße befinden. Diese nervösen Momente müssen vor Allem bei dem Stottern festgehalten und nicht bloß auf die Stimmritze, sondern auf die Sprachorgane überhaupt bezogen werden. Organische Fehler der Lippen, der Zähne, der Zunge, des Zungenbändchens, des Gaumens bedingen eine fehlerhafte, zischende, lallende oder unvollkommene Aussprache, aber kein wahres Stottern. Daß jedoch dieses mit solchen Gebrechen accessorisch verbunden sein kann, versteht sich von selbst.

Die Einflüsse, welche äußere Verhältnisse auf das Uebel ausüben, sind bis jetzt noch nicht hinreichend studirt. Eine dichtere Luft, größere Kälte oder zu bedeutende Hitze vermehren dasselbe. Auch eine plötzliche Veränderung des Wetters soll die gleiche Wirkung haben, so daß Kranke der Art solche Erscheinungen zum Theil voraussagen können.

Halten wir uns an die oben erwähnte Idee, daß das wahre Stottern meistentheils ein Nervenleiden und keine bloße Folge organischer Fehler der Mundtheile sei, so fallen viele zur Heilung des Uebels gemachten Vorschläge von selbst hinweg. Hierher gehören z. B. der Gebrauch von Adstringentien, die Einreibung von Crotonöl in die Gegend des Kehlkopfes, die Lösung des Zungenbändchens (Guy de Chauliac), welches höchstens fehlerhafte breite Zischtöne eliminiren kann, die Anlegung der Zungenspitze (Mad. Leigh) oder des Zungenrückens an den harten Gaumen (Malbouche), die Unterfütterung der Zunge mit einem Holz- oder Metallstücke, die Einkapselung der Zähne mit Blech, die gleichzeitige Gesticulation mit den Armen oder mit den Fingern und Zehen und endlich die in neuerer Zeit empfohlene Durchschneidung des Genioglossus. Die letztere Operation ist um so mehr zu verwerfen, als sie der Gefahr der Blutungen wegen die gefährlichste unter allen Myotomieen ist, oft schon für den Augenblick und meist auch in der Folge nichts nützt und auf irrationellen anatomischen und physiologischen Voraussetzungen beruht. Will man aber durch einen tiefen psychischen Eingriff wirken, so kann man dasselbe unblutig und mit weniger Gefahr erreichen. Zweckmäßiger dagegen sind die Vorschläge, die Stotternden nach Demosthenischer Weise Sätze in rhythmischer oder melodischer Folge sprechen, oder die Methode von Arnott, dieselben Laute viele Male wiederholen und z. B. statt Besen Be—e—e—esen sagen zu lassen. Diese letztere Uebung hat zum Zweck, die Stimmritze unter allen Verhältnissen offen zu erhalten und bezieht sich daher vorzugsweise auf diejenigen Fälle, in welchen das Stottern vorherrschend gutturotetanisch ist. Eine gleiche Absicht hat die Idee von Joh. Müller [1]), Stotternden Worte, in welchen die Explosiva b, p, d, t, g und k fehlen, zu lesen zu geben und sie gedehnt aussprechen und jeden Buchstaben intoniren zu lassen. Allein viele von ihnen stoßen gerade an dem m, n, f, l, ch u. dgl. an. Am zweckmäßigsten erscheinen eklektische Methoden, welche die Unarten der Sprachwerkzeuge, die allmäligen Lautübungen und die psychischen Verhältnisse bei den einzelnen Individuen studiren und berücksichtigen. Ueber solche mehr pädagogische Vorschriften s. R. Schultheß, das Stammeln und Stottern. Zürich, 1830. 8. Colombat a. a. O. S. 41—54. und Orthophonie oder Physiologie und Therapie des Stotterns und anderer Sprachgebrechen von Colombat de l'Isère. Nach der zweiten Original-Ausgabe und deren Ergänzungsschrift bearbeitet von H. E. Flies. Quedlinburg und Leipzig, 1840 8. F. Blume, neueste Heilmethode des Stotterübels. Quedlinburg und Leipzig, 1841. 8.

972 Das Gehör und der Geist bilden die beiden Regulatoren der Sprache. Taubstumme reden nur deshalb nicht, weil ihnen die Perception der Laute entgeht. Ihre Sprachwerkzeuge weichen zwar häufig in untergeordneten Verhältnissen von dem Normalzustande ab; allein keiner dieser Fehler ist so bedeutend, daß hierdurch die Möglichkeit der Tonerzeugung aufgehoben würde. Bekanntlich können auch solche Individuen reden lernen. Ihren Worten fehlt jedoch der melodische Accent. Sie bilden unangenehme, rauhe, heulende gezwungene Töne, welchen man eine gewisse Schwerfälligkeit der Zunge nicht selten anhört. Kinder, die in ihrem fünften bis achten Lebens-

---

[1]) Physiologie. S. 243.

jahre vollkommen taub geworden, verlieren auch häufig die Sprache. Aehnliche Schicksale erleiden bisweilen Erwachsene. So lange sie bloß schwer hören, wissen sie nur in der Regel kein Maaß der Rede zu halten. Sie lautiren, vorzüglich mit ihren Lippen, auf weit expressivere Weise als Gesunde und sprechen zu leise oder noch öfter so laut, als wenn alle Anderen ebenfalls taub wären. Haben sie aber das Gehör gänzlich verloren und zeichnen sie sich durch keinen sehr hohen Grad von Intelligenz aus, so wird ihre Sprache im Laufe der Jahre immer undeutlicher und lallender. Sie verlieren die gehörige Uebung der Zunge, vergessen einzelne Worte und Laute und können selbst zuletzt nach 10 bis 12 Jahren ganz stumm werden.

Auch bei dem gesunden Menschen bestimmen Gehör und Geist den melodischen Ausdruck der Rede. Von vorn herein hat jedes Wort seinen Accent, d. h. eine Sylbe oder ein Vocal wird vor den andern durch eine bedeutendere Erhebung oder eine größere Länge des Tones bevorzugt. Dieser Umstand greift so tief ein, daß er Vocale und Consonanten nicht selten wesentlich und zwar wiederum nach physiologischen Gesetzen umändert. In manchen Sprachen halten sich Accent und Längen der Sylben an verschiedene und zum Theil unabhängige Gesetze, in anderen dagegen nicht. Jene sind daher auch, wie das Griechische, Lateinische und Deutsche, einer rhythmischeren Behandlung als das Französische, Italienische und Englische u. dgl. fähig. In einzelnen Dialekten verbindet sich mit der Sprache eine eigenthümliche Accentuation, in anderen eine besondere Gesangweise. Beides ist häufig noch, sowie solche Individuen fremde Sprachen reden, deutlich zu erkennen.

Endlich gehört noch hierher der Ausdruck des Redenden, der mehr von dem Geiste als dem musikalischen Gehöre bestimmt wird. Intelligente Personen ohne das letztere wissen ihrer Sprache den Zauber der inneren Gefühle mitzutheilen und jede wahre oder scheinbare leidenschaftliche Aufregung, auf welche sich die Worte beziehen, ohne Affectation wiederzugeben. Diese Thätigkeit verbindet sich in höheren Graden mit den entsprechenden Stellungen und Bewegungen der einzelnen Körpertheile und wird auf diese Art zur Declamationskunst.

Nach Mansfeld[1]) haben die meisten Taubstummen einen flachen Brustkasten und unvollkommen entwickelte Lungen. Sie sind daher genöthigt, bei anhaltendem Reden häufiger als Gesunde einzuathmen und werden nach zurückgelegter Pubertätszeit nicht selten schwindsüchtig. Ihr Kehlkopf bildet sich in geringerem Maaße aus, so daß er bei männlichen Individuen dem von weiblichen desselben Alters gleicht, bei diesen dagegen am Halse wenig oder gar nicht vorsteht. Das Zäpfchen ist entweder zu groß oder verkrümmt und nur warzenartig, selten aber normal. In letzterem Falle hat es eine geringere Beweglichkeit oder eine größere Neigung, sich schief zu stellen. Das meist kleine Gaumensegel bleibt in den häufigsten Fällen an dem harten Gaumen, der entweder ganz flach oder ausgehöhlt erscheint, straff angezogen. Mit einer schiefen Stellung oder einer zu großen Entfernung der Zähne verbindet sich eine zu große Länge oder Breite oder Dicke der Zunge. Die Mandeln werden leicht hypertrophisch.

Der Redeunterricht der Taubstummen kann natürlich nur dadurch erfolgen, daß man ihnen die nothwendigen Stellungen und Bewegungen der Sprachwerkzeuge vormacht und

---

[1]) Froriep's neue Notizen. Nr. 256. S. 223. 24.

dieselben mit Intonation der Stimme nachbilden läßt [1]. Da aber die Controle des eigenen Gehörs mangelt, so behält in dieser Hinsicht selbst der glücklichste Versuch etwas Unbeholfenes. Taube, welche die Worte Anderer vernehmen wollen, halten sich vorzugsweise ebenfalls an die sichtlichen Bewegungen der Sprachorgane. Da aber nur die vorderen Theile unmittelbar den Augen auffallen, so suchen sie das Uebrige zu errathen, so daß auf diese Art häufige Mißverständnisse selbst bei den Gebildetsten auftreten.

973 Bei dem gewöhnlichen Sprechen vernehmen wir den Ort, von welchem die Stimme herkommt, um so deutlicher, je näher der Redner uns steht, je weniger Zwischenobjecte die Schallwellen ablenken und je mehr der Ton der Stimme, die Bewegungen der Sprachwerkzeuge und ähnliche Nebenmomente unser Urtheil unterstützen. Fehlen solche begünstigende Verhältnisse, so werden wir, wie bei der Perception jedes Schalles, um so eher getäuscht, je zahlreichere und zum Theil phantastische Vorstellungen zu unserer Verwirrung beitragen. Einen großen Theil dieser Verhältnisse benutzen die Bauchredner, um uns glauben zu machen, daß eine fremde Person an einem fernen Orte spreche oder sich zwei Individuen in einiger Distanz mit einander unterhalten. Zu diesem Zwecke verleihen sie ihrer Stimme einen eigenen Timbre, reden eine halbe oder eine ganze Octave höher als gewöhnlich, verschlucken Laute, die man in der Ferne nicht deutlich wahrzunehmen pflegt, und vermeiden diejenigen Buchstaben, deren Erzeugung mit einer sichtlichen Bewegung der Lippen verbunden ist, oder bedecken die Unterlippe mittelst der Oberlippe und behelfen sich mit jener oder verhüllen ihr Gesicht mit einem Tuche, um desto freier sprechen zu können. Die physiologischen Verhältnisse dieser Kunst sind bis jetzt noch nicht hinreichend bekannt. Nur so viel ist gewiß, daß der Bauchredner vor dem Sprechen möglichst tief einathmet, sein Kehlkopf heruntersteigt, seine Bauchdecken sich ausdehnen und seine Ausathmung mehr durch die Muskeln des Unterleibes als die des Thorax erfolgt. Während die Lippen gänzlich oder großentheils geschlossen bleiben, stehen die Nasenlöcher offen, können jedoch auch bei Einzelnen ohne Schaden zugehalten werden (Autenrieth). Die Stimmritzenbänder werden stark gespannt und nur allmälig mit kleinen Luftmassen in Schwingungen versetzt.

Nach einigen Physiologen (Haller, Magendie, Mayer) [2]) werden die Töne nicht bei der Ausathmung, sondern während der Einathmung, wie bei manchen Arten des lauten Saugens, Pfeifens u. dgl. hervorgebracht. Nach Anderen (Richerand, Fournier, Joh. Müller) entstehen sie, wie auch wahrscheinlicher ist, durch ein langsames Ausathmen, welches sich mit einer eigenthümlichen Resonanz der erzeugten Laute verbindet. Hat man tief inspirirt und treibt dann die hohen Töne bei enger Stimmritze und schwachem Anspruch vorzüglich mit den Seitenwänden des Thorax heraus, während das Zwerchfell eine Stellung wie bei der Einathmung behauptet, so erzeugen sich denen der Bauchredner ähnliche Laute, welche leicht

---

[1]) Angaben hierüber finden sich z. B. in V. A. Jaeger und G. A. Riecke: Anleitung zum Unterricht taubstummer Kinder in der Sprache und anderen Schullehrgegenständen nebst Vorlegeblättern, einer Bildersammlung und einem Lese- und Wörterbuch. Erste Lieferung. Stuttgart, 1832. 8. S. 51 fgg.

[2]) Litterarisches Archiv der Academie zu Bern. Bd. IV. Heft 3. Bern, 1817. 8. S. 68—83.

in Betreff der Entfernung täuschen (Joh. Müller)[1]. Die Verstärkung der Resonanz und die eigenthümliche Modification des Timbre erfolgt bald durch die Kehle (Lauth), bald durch die möglichst stark mit Luft gefüllten Lungen und den Thorax (Lauth, Hallé, Pinel und Percy). Daß aber die ganze Erscheinung nur auf accessorischen Sinnestäuschungen beruhe (Montégre), läßt sich insofern in Abrede stellen, als auch die Stimmweise selbst von wesentlichem Einfluß ist und das Bauchreden nur bei gewissen Modificationen derselben möglich wird.

Sinnesempfindungen.

Die Sinne verschaffen uns durch ihre objectiven Thätigkeiten eine 974
Reihe von Eindrücken, welche nur unter der Voraussetzung gewisser entsprechender Bedingungen der äußeren uns afficirenden Gegenstände zu Stande kommen. Sie belehren daher über viele Eigenschaften fremder Körper, die auf keinem anderen Wege zu unserem Bewußtsein gelangen könnten. Unser Organismus steht zwar auch mittelst seiner übrigen Thätigkeiten mit den Objecten der Außenwelt in der mannichfachsten Beziehung. Denn die physikalischen und chemischen Verhältnisse derselben bestimmen die Erscheinungen seines Stoffwandels und seiner Bewegungen. Allein die Wechselwirkung, in welche er mittelst seiner Sinne mit seiner Umgebung tritt, ist nicht bloß eine specifische, sondern setzt auch nicht nothwendig unmittelbare Veränderungen des Stoffwandels voraus. Sie beruht nur auf der mehr ätherischen Eigenschaft der Empfindung, liefert auf diese Weise die Basis der höheren nervösen Thätigkeiten und bildet eben so sehr die geistige Brücke, welche zu den verschiedenen Dingen der Außenwelt überführt, als den Wächter, der von den schädlichen Wirkungen anderer Körper benachrichtigt und sich vor denselben zu hüten lehrt. Ohne Sinnesorgane könnten sich entweder der Mensch oder das Thier von der Pflanze nicht unterscheiden, oder jedes Individuum wäre ein in sich geistig abgeschlossenes Wesen, ein unter den irdischen Schöpfungen verlorener Punkt, dessen höhere Kräfte weder vor den übrigen Dingen spirituell angeregt und bestimmt werden, noch nach außen entsprechend reagiren könnte. Unsere Sinnesempfindungen sind daher die Strebepfeiler, auf welche wir die materiellen Thätigkeiten unseres geistigen Lebens bauen und stützen.

Der Umfang und die Modalität der Eindrücke, welche wir uns auf 975
diesem Wege verschaffen können, bestimmt natürlich die gesammte Auffassungsweise. Mit dem Mangel eines Einzigen unserer fünf Sinne würde nicht nur eine ganze Welt von Anschauungen und Begriffen aus unserer geistigen Thätigkeit hinwegfallen, sondern auch die Function unserer anderen Sinnesorgane mehr oder minder beschränkt werden, weil die Empfindungen des Einen die des Anderen unterstützen. Umgekehrt läßt sich

[1]) Physiologie. Bd. II. S. 240.

wenigstens hypothetisch annehmen, daß die Existenz eines sechsten Sinnes Eindrücke liefern würde, von denen wir gegenwärtig gar keinen Begriff haben und für welche jeder Ausdruck in unserer Sprache mangelt.

Was nämlich das letztere betrifft, so sind zweierlei Grundvorstellungen möglich. Entweder nehmen wir an, daß die Natur den Thätigkeitsumfang unserer Sinne und unseres Geistes dergestalt eingerichtet habe, daß wir nur von einem Theile der Eigenschaften der Körperwelt benachrichtigt werden, während uns andere Qualitäten der äußeren Dinge als Gegenstände einer Auffassung, für welche wir eben keine entsprechenden Organe haben, für immer entgehen oder höchstens nur in ihren Wirkungen auf perceptibelere Erscheinungen zu unserer Kenntniß gelangen; die Unvollkommenheit unserer Wahrnehmung würde sich in diesem Falle nicht bloß auf transcendente, sondern auch auf sinnliche Gegenstände erstrecken. Oder man denkt sich, daß die mögliche Größe und Mannichfaltigkeit unserer Sinneseindrücke den sämmtlichen reellen Eigenschaften der organischen und unorganischen Körper vollkommen adäquat gebildet und daher auch jede Aeußerungsweise der Materie von unserer Subjectivität aufgefaßt zu werden und in unsere Begriffswelt überzugehen im Stande ist. Mag auch diese letztere Hypothese unserer Eitelkeit mehr schmeicheln und uns zu manchen anmaßenderen Selbsttäuschungen verführen, so mahnen doch schon die vielen Räthsel, welche uns in Betreff der inneren Natur der Körper immer bleiben, an jene erstere bescheidenere Vorstellung, für welche wir sogar bald directe Erfahrungsgründe kennen lernen werden. Haben wir uns aber einmal zu ihr mit Verleugnung unserer Subjectivität erhoben, so hat die Ueberzeugung, daß das Weltall höherer, von uns nicht im Entferntesten geahneter Zwecke wegen existire, keine Schwierigkeiten mehr.

976 Wie dem nun aber auch sei, so unterliegt es keinem Zweifel, daß der Mensch weder in der Quantität, noch selbst in der Qualität seiner Sinnesorgane vor den Thieren bevorzugt ist. Die höheren Geschöpfe besitzen nicht nur alle fünf Sinne, deren wir uns erfreuen, sondern manche derselben erlangen bei Einzelnen von ihnen einen Grad von Schärfe, welcher dem gewöhnlichen Menschen ohne besondere Uebung nicht zukommt. Nur die geistige Auffassung greift hier eben so tief wie bei den Stimmwerkzeugen ein. Die letzteren werden bei uns zu den Trägern des Gesanges und der Rede, zu den Ausdrucksmitteln der geistigen Höhe oder Tiefe, ohne daß ein wesentlich neuer Theil zu ihnen hinzukommt. Der spirituelle Einfluß allein erhebt diese Apparate, welche sonst auf die untergeordnetste Weise wirken würden, zu den Vertretern der edelsten Regungen, die augenblicklich den Menschen durchzucken. Auf gleiche Art erhalten die Sinne in unseren psychischen Fähigkeiten einen Mutterboden, welcher ihre Empfindungen von den Anschauungen zur künstlerischen Auffassung überführt. Die Vortheile, deren sich in dieser Hinsicht die Thiere und selbst die Wilden erfreuen, beziehen sich nur auf günstigere physikalische Bedingungen. Durch Geist und Civilisation dagegen wird jedes Sinnesorgan und vorzüglich das Auge oder das Ohr zu dem Erreger höherer Vorstellungen, welche eben so sehr das Gemüth hinzureißen als den Verstand zu beschäf-

tigen vermögen. Der Mensch wird wohl in der Mechanik, nicht aber in der Verarbeitung der Sinnesempfindungen von einzelnen thierischen Wesen übertroffen.

Keiner unserer Sinne giebt uns eine absolut objective Belehrung. Jeder 977 derselben liefert vielmehr nur die subjectiven Empfindungen, welche gewisse äußere Reize in unserem Inneren verursachen. Was wir z. B. Licht nennen, ist kein reeller Gegenstand, sondern bildet bloß den Ausdruck der Reaction unserer Netzhaut und unseres Gehirnes, welche durch die Wellenschläge eines unbekannten Agens, des sogenannten hypothetischen Aethers, veranlaßt werden. Wir sind im Stande, gewisse Ursachen der Entstehung, Fortpflanzung und Veränderung, die Geschwindigkeit und Modalität der Bewegung dieses Principes und ähnliche Momente durch Combinationen der einzelnen Erscheinungen kennen zu lernen und der strengsten mathematischen Berechnung zu unterwerfen; allein das Licht selbst kehrt als ein unabweisliches subjectives Phänomen in allen solchen Bemühungen in Form einer unbekannten Größe wieder. Diese stört jedoch deshalb nicht und kann alle Bestimmungen durchsetzen, weil sie in keiner mangeln darf und daher zwar ein absolutes, aber kein relatives x darstellt. Ebenso geben uns die akustischen Erscheinungen nur den subjectiven Widerklang der Wellenbewegungen physikalischer Körper, die Geruchs- und Geschmacksphänomene den der Ausbreitung dunstförmiger oder tropfbar flüssiger Substanzen und die des Tastgefühles den der mechanischen und thermischen Verhältnisse der uns zunächst berührenden Außenwelt. Sie spiegelt sich zwar in unseren Sinnen ab. Inwiefern aber das Scheinbild der Wirklichkeit entspricht, liegt außer den Grenzen unseres Erkenntnißvermögens. Wir können nur annehmen, daß es bei den verschiedenen Menschen und Thieren insofern das Gleiche sei, als die Werkzeuge der Auffassung die analogen Theile darbieten, dieselben physikalischen Principien benutzen und sich in ähnlichen Thätigkeitsbahnen bewegen. Das absolute Wesen bleibt uns hier nicht minder als in anderen Sphären verschlossen.

Die Basis jeder Sinneserscheinung bildet der specifische sensuelle Nerve, 978 welcher die besondere Fähigkeit hat, Eindrücke eigenthümlicher Art hervorzurufen oder, wie man sich wissenschaftlich ausdrückt, in seiner speciellen Energie zu wirken. Wir haben schon früher (§. 578) im Allgemeinen bemerkt und werden es in der Nervenphysiologie näher erhärten, daß jede Nervenfaser, so lange sie ihre natürliche Verbindung mit ihrem centralen Anfange und ihrem peripherischen Ende bewahrt, nur einer bestimmten, unveränderlichen Thätigkeit dienen kann. Diesem entsprechend finden sich auch in unserem Körper gewisse Fasern, die einzig und allein die eigenthümlichen Sinnesempfindungen vermitteln. Während aber solche, welche mit anderen Energieen versehen sind, die verschiedensten Stellen unseres Organismus durchsetzen und an den mannichfachsten Punkten desselben endigen, bleiben die specifischen Fasern der drei höheren Sinneswerkzeuge, des Auges, des Ohres und der Nase, möglichst concentrirt und gruppiren sich daher zu Nervenstämmen, welche die ausschließlichen Repräsentanten der besonderen Sinneswahrnehmung darstellen. Der Sehnerve vermittelt auf

diese Weise nur das Gesicht, der Gehörnerve das Gehör und der Geruchsnerve den Geruch. Die Ursache der genannten Eigenthümlichkeit liegt darin, daß diese Nerven, wenn sie objective Anschauungen liefern sollen, gewisse physikalische Vorbereitungsapparate nothwendig haben. Der Sehnerve bedarf in dieser Beziehung der Camera obscura des Auges, der Gehörnerve des Leitungs-, Concentrations- und Resonanzapparates des Ohres, und der Geruchsnerve der regulirten Windlade der Nase. Wären diese specifischen Nervenfasern auf verschiedene Theile zerstreut worden, so hätten auch die nothwendigen Vorbereitungswerkzeuge eben so oft wiederholt werden müssen, als discrete peripherische Endstücke vorhanden gewesen wären. Die Verhältnisse der einfachen und zusammengesetzten Augen vieler wirbellosen Thiere liefern uns einen deutlichen Beleg dieser Behauptung.

Bei dem Geschmack werden die Vorbedingungen einfacher, und sein Bezirk dehnt sich daher auch über die Zunge auf einzelne Theile des Rachens aus. Indem sie aber bei den Tastempfindungen den möglichsten Grad der Simplicität erreichen, verschwindet jener Charakter in den diesem Sinnesorgane angehörenden Nerven fast gänzlich. Jeder Gefühlsnerve kann daher, wenn keine hemmenden Nebenverhältnisse eingreifen, in seiner specifischen Sinnesenergie wirken. Die Mischung und Zerstreuung der Fasern erreicht hier ihr Maximum und die Sinnesthätigkeit wird keinem speciellen Werkzeuge anheimgegeben, sondern ist wenigstens der Möglichkeit nach im Stande, an jeder freien äußeren oder inneren Oberfläche hervorzutreten.

979 Da die Nervenfasern ihre Reizung durch die Erscheinung ihrer eigenthümlichen Energie subjectiv beantworten (§. 579), so muß natürlich jeder Druck, jede chemische Veränderung, jede Affection des vorbeiströmenden Blutes oder der durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit, welche die Eigenschaft eines Irritamentes besitzt, in dem N. opticus Gesichts-, in dem N. acusticus Gehörs-, in dem N. olfactorius Geruchsempfindungen u. s. w. veranlassen. Diese Erscheinungen können natürlich, ohne daß äußere fremde Objecte die Veranlassung bilden, hervortreten. Man nennt daher auch die Sinnesempfindungen, welche solchen accessorischen Ursachen ihre Existenz verdanken, subjective. Anderseits wird der Sehnerve zum Sehen veranlaßt, wenn sich z. B. ein äußerer Gegenstand auf der Netzhaut abspiegelt. Wir hören die Schallwellen, welche sich von fremden Körpern auf unser Ohr und von da auf unseren Hörnerven fortpflanzen, und riechen die Substanzen, welche dunstförmig durch den mittleren und oberen Theil unserer Nasenhöhle streichen. Diese Sinneswahrnehmungen heißen daher, weil ihre erste Veranlassung von einem entsprechenden äußeren Gegenstande ausgeht, objective.

980 Eine solche Auffassung des Unterschiedes ist jedoch streng genommen unrichtig. Denn auch die subjectiven Sinnesphänomene entstehen nicht von selbst, sondern werden durch eine objective Wirkung, wie Druck, Elektricität, chemische Reizung u. dgl. angeregt. Eben so ist das objective Sehen eines bestimmten Gegenstandes ein rein subjectives. Ein zweiter Mensch ist nur deshalb im Stande, dasselbe Bild, wie wir, sinnlich wahrzunehmen,

weil sich Gegenstand und Auge in den analogen Verhältnissen wie bei uns befinden. Allein ein anderes Individuum hat eben so wenig, als es den Blitz, den wir bei einem Schlage auf unseren Bulbus percipiren, wahrnimmt, die geringste unmittelbare Vorstellung unseres Bildes des Hauses, welches wir gleichzeitig mit ihm betrachten. Es erkennt die Fehler, welche wir begehen, nur durch den Vergleich der sprachlichen oder zeichnerischen Mittheilung, nur durch die Eindrücke, welche unsere Anschauungsweise auf seinen Geist und sein Auge macht. Es muß daher der Unterschied der subjectiven und objectiven Sinnesempfindungen in etwas Anderem als der oben angeführten gewöhnlichen Charakteristik liegen. Eine nähere Betrachtung der Natur der Reize giebt uns bald die in dieser Beziehung nöthigen Aufschlüsse.

Der Sehnerv reagirt zwar auf Druck, Elektricität und chemische 981
Verletzung eben so gut durch Sehen, als der Hörnerv unter den gleichen Verhältnissen den Eindruck des Hörens hervorruft. Allein während der erstere die Lichtwellen sogleich empfindet, bleiben sie für den letzteren indifferent. Umgekehrt beantwortet der N. acusticus Schwingungen physikalischer Körper, für welche die Netzhaut total unempfänglich ist, durch die specifische Energie des Gehörs. Die Tastnerven zeigen uns den geringsten Temperaturunterschied, welchen die anderen Sinnesnerven noch nicht berücksichtigen, an u. dgl. mehr. Wir sehen hieraus, daß die Energie eines jeden Sinnesnerven durch zweierlei wesentlich verschiedene Reize hervorgerufen zu werden vermag. Die einen von ihnen, welche wir allgemeine oder inadäquate nennen wollen, regen alle sensuellen Nerven an. Die Verschiedenheit des Erfolges aber hängt nicht von ihnen, sondern von der specifischen Energie der afficirten Nervenfasern ab. Derselbe Druck, welcher, indem er unsere Netzhaut trifft, das subjective Feuerbild veranlaßt, ruft unseren Schmerz hervor, weil er zugleich einzelne sensible Nerven unseres Auges trifft. Congestionen des Blutes nach dem Hörnerven erregen Ohrenklingen, Geschwülste, welche den N. olfactorius drücken, subjective Gerüche u. dgl. mehr. Im Gegensatze hierzu haben wir andere Reize, welche man mit dem Namen der specifischen, speciellen oder adäquaten bezeichnen kann, und die ihren Einfluß nur auf einen Sinnesnerven ausüben, auf jeden anderen hingegen verfehlen. Diese Rolle übernehmen das Licht für das Auge, die Schallwellen für das Ohr, die Dünste für den Geruch, die tropfbaren Flüssigkeiten für den Geschmack und die Verhältnisse des mechanischen Widerstandes und der Temperaturunterschiede für das Gefühl.

Die sogenannten subjectiven Sinneserscheinungen kommen durch allgemeine oder inadäquate, die objectiven dagegen durch adäquate Reize zu Stande. Zur Erzeugung der ersteren gehört nur die Integrität des Sinnesnerven oder seiner centralen Anfangstheile im Gehirn, zur Bildung der letzteren dagegen außerdem noch die regelrechte Thätigkeit der physikalischen Vorbereitungsapparate, mit welchen jedes Sinneswerkzeug versehen ist. Ein Blinder, dessen Hornhaut total verdunkelt ist und der keine Spur eines äußeren Gegenstandes zu sehen vermag, ergötzt sich an den Feuerbildern, welche er durch den Druck

auf seinen Augapfel erregt und kann eben so vollständige Traumerscheinungen als ein gesunder besitzen. Einem Tauben, dessen Gehörknöchelchen durch Eiterung verloren gegangen, vermag eine starke Congestion nach dem Kopfe das unangenehmste Ohrensausen zu verursachen u. s. w.

982 Vergleichen wir aber die einzelnen objectiven Sinnesthätigkeiten unter einander, so stoßen wir zwar, sobald wir die Entfernung der Wirkung berücksichtigen, auf keinen absoluten, doch aber auf einen relativen Unterschied. Durch das Auge empfangen wir die Lichtstrahlen distanter Objecte. Das Gehör benachrichtigt uns von den Schallwellen, welche von abgelegenen Gegenständen ausgehen. Wenn auch die Lichtstrahlen selbst unsere Netzhaut berühren und sich die Oscillationen des schallenden Körpers bis zu unserem Vorhofe und unserer Schnecke fortpflanzen, so bleiben doch die erregenden Ursachen des Eindruckes von dem empfangenden Nerven mehr oder minder entfernt. Anders verhält sich dagegen die Sache bei dem Geruch, dem Geschmack und dem Gefühl. Der N. olfactorius wird nur durch die materiellen Dünste, welche ihn nahe berühren, zur Entwickelung seiner Energie angeregt. Das Schmecken setzt den unmittelbaren Contact der chemischen Lösungen, das Gefühl den der mechanischen Widerstände voraus. Selbst die Wärmestrahlen gelangen nur durch erwärmte Körper, welche unsere Nerven direct oder indirect afficiren, in das Bereich unserer subjectiven Empfindung. Sehen und Hören bilden auf diese Weise gewissermaßen Distanz-, Riechen, Schmecken und Fühlen Contact-Sinne.

983 Diese Differenz bestimmt auch die Natur der Vorbereitungsapparate. Die Nerven des Gefühls, des Geschmacks und des Geruchs bedürfen nur einer zweckmäßigen Muttersubstanz, innerhalb welcher sie die sie direct berührenden Körper aufnehmen können. Sie liegen daher in Membranen, die bloß mit verschiedenartigen Warzen, Falten und ähnlichen Bildungen versehen und für Dünste oder tropfbare Flüssigkeiten durchdringbar sind. Das Gehörorgan dagegen besitzt sein äußeres Ohr, seinen Gehörgang, das Trommelfell, die Paukenhöhle, die Gehörknöchelchen, die Eustachische Trompete und andere feste Theile, damit die Schallwellen, sie mögen von welchen Seiten sie wollen herkommen und sich durch die Luft- oder die Kopfknochen fortpflanzen, in gehöriger Weise dem N. acusticus zugeführt werden. Eben so bedarf das Auge der Hornhaut, der wässerigen Feuchtigkeit, der Linse und des Glaskörpers, damit die Lichtstrahlen gehörig gebrochen und concentrirt werden. Hier vergrößert sich sogar noch der Vorbereitungsapparat dadurch, daß das Sinnesorgan die Fähigkeit erhält, sich nach den entfernten sichtbaren Objecten zu richten. Es erhält auf diese Weise die Iris und die Augenmuskeln, während andere Gebilde, wie die Thränenorgane, die Bindehaut und die Augenlider den passenden Schutz der so delikaten Gesichtswerkzeuge besorgen.

984 Diese Vorbereitungswerkzeuge brauchen aber keinen bedeutenden Raum einzunehmen, weil sich ihre Thätigkeit mehr auf eine quantitative als eine qualitative Wirkung bezieht und ihre Leistungen dem Maaße unserer Auffassungsgabe entsprechen müssen. Wäre z. B. das Auge doppelt so groß

als es ist, angelegt worden, so hätten zwar noch einmal so viel Lichtstrahlen unter sonst gleichen Verhältnissen in dasselbe eindringen können. Würde aber auch hierdurch eine größere Zahl von Bildern auf die Netzhaut gefallen sein, so hätte der Ueberschuß unbeachtet bleiben müssen oder wäre nur, wenn dieses nicht Statt fand, ein Verwirrungsmittel unserer Anschauung geworden. Denn die Retina nimmt, wie wir sehen werden, in ihrer bestehenden Ausdehnung trotz der beschränkten Größe unseres Bulbus mehr Lichtstrahlen auf, als gleichzeitig mit gehöriger Bestimmtheit aufgefaßt werden können. Wurde aber auf diese Weise eine Vergrößerung überflüssig oder sogar schädlich, so lieferte die doppelte symmetrische Anlage der absolut kleinen höheren Sinnesorgane den wesentlichen Vortheil, daß hierdurch ihre Functionen an Vielseitigkeit gewannen. Um jedoch alle Störungen zu vermeiden, sind die nervösen Apparate so angelegt, daß dieselben Eindrücke, welche beide Augen, beide Ohren u. s. w. treffen, wo es nothwendig war, eine einfache Perception hervorrufen und die Duplicität der Wahrnehmung zur bloßen deutlichen Auffassung derselben dient.

Daß jede objective Sinnesempfindung einzig und allein innerhalb gewisser äußerer Grenzen möglich sei, lehrt sowohl die unmittelbare tägliche Erfahrung, als die genauere wissenschaftliche Untersuchung. Schon die Schärfe der Sinne, welche bei verschiedenen Individuen sehr abweichende Grenzen hat, deutet zum Theil auf diesen Punkt hin. Für einen Kurzsichtigen gehen ferne Bilder, welche ein Anderer noch deutlich wahrnimmt, verloren. Ein Mensch mit musikalischem Gehör wird von unregelmäßigen Schallwellen, welche einem zweiten noch melodisch klingen, unangenehm afficirt. Einzelne Individuen unterscheiden noch Ausdünstungsgerüche feinster Art, andere dagegen nicht u. dgl. mehr. Das Gleiche ergiebt sich mit noch größerer Evidenz aus genaueren wissenschaftlichen Bestimmungen. Wenn wir z. B. einen Lichtstrahl durch eine Oeffnung, die sich in einer dunkleren Kammer befindet, eindringen und durch ein Prisma durchgehen lassen, so wird bekanntlich das einfache Licht in ein Spectrum von sieben Hauptfarben, nämlich in Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett zerlegt. Der Undulationstheorie gemäß entsprechen dem äußersten Roth 458 und dem an dem anderen Extrem liegenden Violett 727 Billionen Schwingungen des Lichtäthers in der Secunde [1]. Es ist wissenschaftlich nicht anzunehmen, daß die Grenzen der möglichen Vibrationen der Lichtwellen innerhalb der genannten Größen allein liegen. Ja die thermischen uud chemischen Wirkungen des Lichtes, welche über die Ausdehnung des Farbenspectrums hinausgehen, zeugen entschieden dagegen. Setzen wir aber dieses voraus, so müssen viele Veränderungen des Lichtes existiren, von denen wir gar keine Kenntniß erhalten, weil eben unser Auge nicht mehr für diese Eindrücke empfänglich ist. Der tiefste Ton, welchen

[1] A. Kunzek die Lehre vom Lichte nach dem neuesten Zustande der Wissenschaft, zunächst für das Bedürfniß gebildeter Stände dargestellt. Lemberg, Stanislawow und Tarnow, 1836. 8. S. 290.

der Mensch noch zu hören vermag, macht 14 bis 16, der höchste 48000 einfache Schwingungen in der Secunde (Savart)[1]. Während sich also die Grenzen der Empfindlichkeit des Auges für Farben = 458 : 727 = 1 : 1,59 verhält, haben wir für das Ohr = 16 : 48000 = 1 : 3000. Da sich nun die Schwingungsmengen, wie wir schon früher sahen (§. 928), von Octave zu Octave verdoppeln, von dem Grundton bis zur Quinte dagegen von 1 bis 1,5 und von ihm bis zur Sexte von 1 zu 1,66 erhöhen, so folgt hieraus, daß die relativen Grenzen der Farbenempfindung des Auges viel beschränkter als die der Tonperception des Ohres ausfallen und nur der Steigerung der letzteren zur Quinte bis Sexte entsprechen.

An der Zungenspitze geben noch zwei Körper, welche 0,48 Linie von einander entfernt sind, keinen einfachen Eindruck, während die gleiche Grenze des Tastvermögens an der Haut der Mitte des Rückens bei 24,02 Linie beginnt. Es verhält sich mithin das Maximum der Empfindlichkeit zu dem Minimum, wenn wir die verschiedenen Stellen unserer äußeren Körperoberflächen unter einander vergleichen, = 24,20 : 0,48 = 50,4 : 1. Alle doppelten Eindrücke, die jenseits der Minimalgrenze liegen, bleiben unbeachtet und existiren daher nicht für uns, sofern sie sich durch keine andere Folgen ihres Daseins in einer für uns perceptiblen Weise zu erkennen geben.

986 Zu dem gleichen Resultate führt die Parallele verschiedener scheinbar gesunder Personen. Wir werden in der Folge sehen, daß viele Menschen manche Farben nicht wahrnehmen und daher ihr Spectrum ganz eigenthümlich ausfällt. Solche Mängel kommen sogar häufig gar nicht zum Bewußtsein, weil die Auffassungs- und Ausdrucksweise solcher Individuen mit ihren sinnlichen Eindrücken verwächst und sie z. B. mit roth eine Färbung bezeichnen, die einem anderen Empfindlicheren in einem ganz verschiedenen Colorit erscheint. Einzelne Personen nehmen die falschesten Accorde für regelrechte, weil noch disharmonische Schwingungen für ihr Ohr eine vollkommene Harmonie bilden.

987 Diese und ähnliche Thatsachen aber lassen kaum einen Zweifel übrig, daß wir nur einen Theil der Außenwelt durch unsere Sinne erfahren und sicher viele Zustände und Eigenschaften der Körperwelt existiren, von welchen unser Geist keine Ahnung hat und für die jeder Ausdruck in unserer Sprache fehlt, weil unseren Sinnen die Perceptibilität derselben mangelt.

988 Die Erfahrungen und Vorstellungen des gewöhnlichen Lebens führen leicht zu der Ansicht, daß nur die objectiven Sinnesempfindungen die wahren seien, die subjectiven dagegen als sogenannte Sinnestäuschungen aufgefaßt werden müssen. Diese Voraussetzung stützt sich vorzüglich darauf, daß die Eindrücke der objectiven Sinnesthätigkeiten bei uns, wie bei jedem anderen gesunden Menschen, unter denselben äußeren Bedingungen durchaus die gleichen zu bleiben scheinen und uns auf diese Weise über gewisse Eigenschaften der Körper eine beständige und übereinstimmende Nachricht

[1] Pouillet-Müller Lehrbuch der Physik. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 56.

geben. Die subjectiven Sinnesempfindungen dagegen sind in der Regel auf ein einzelnes Individuum beschränkt und werden nur selten, wie z. B. bei der Durchleitung eines elektrischen Stromes von Mehreren zugleich wahrgenommen. Sie erhalten daher scheinbar einen variableren Charakter und gewinnen dann um so eher das Ansehen von Täuschungen, welche in Folge zufälliger und wechselnder Nebenbedingungen auftreten.

Alle Betrachtungen der Art schwinden aber größtentheils bei genauerer 989
Prüfung, denn die objectiven Sinneserscheinungen sind ursprünglich in Betreff der Sicherheit und Beständigkeit ihrer Perceptionen vor den subjectiven wenig oder gar nicht bevorzugt. Da die adäquaten Reize, durch welche jene veranlaßt werden, von äußeren constanten Gegenständen ausgehen, so müssen auch ihre Wirkungen in den verschiedensten Individuen im Ganzen die gleichen bleiben. Die Flamme eines Lichtes liefert dieselben Lichtstrahlen für die differentesten Augen und regt in ihnen dieselben Bilder an. Allein schon die subjective Auffassung, welche zu diesen Eindrücken gehört, unterliegt einem größeren Wechsel, als auf den ersten Blick zum Vorschein kommt. Die Unterschiede treten nur oft in dieser Hinsicht vor der objectiven Gleichheit zurück und werden meist gar nicht oder bloß durch die genauesten Parallelen erhärtet. Die subjectiven Sinneseindrücke erfreuen sich aber ebenfalls des Vortheils, daß sie bei beständigen Ursachen in eben so constanten Wirkungen erscheinen. Die gleiche Abwechselung von hellem Lichte und Schatten erzeugt unter denselben Bedingungen die analogen Bilder der eigenen Blutgefäße des inneren Auges, die ähnlichen Lichtschattenfiguren und andere Phantome bei den verschiedensten Individuen. Derselbe elektrische Schlag, der Druck eines einzelnen Nerven ruft die gleichen subjectiven Eindrücke bei Jedem hervor. Wenn allerdings diese letztere Art von Wahrnehmungen mannichfaltiger zu sein scheint, so liegt wenigstens ein häufiger Grund darin, daß die inadäquaten Reize, welche als veranlassende Ursachen wirken, jenen Grad von Gleichheit, den die adäquaten von selbst darbieten, nicht erreichen. Die Schärfe des Gesetzes dagegen, die genaue Causalitätsverbindung kehrt in jeder Art von Empfindung immer wieder.

Nichts destoweniger aber haben die objectiven Sinneswahrnehmungen 990
aus denselben Gründen einen gewissen Vortheil an Mannichfaltigkeit, welcher den subjectiven nicht zukommt. Die Feuerbilder z. B., welche durch Druck auf die Netzhaut entstehen, sind einfarbiger als die meisten Bilder, welche wir durch die Anschauungen der Außenwelt erhalten. Das Ohrenklingen bringt es fast nie zu einer vollkommenen angenehmen Harmonie. Den Tastnerven fehlen diejenigen subjectiven Empfindungen, welche nur der leise Druck äußerer Gegenstände veranlaßt, gänzlich u. dgl. mehr. Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt wiederum in den anregenden Reizen, welche natürlicher Weise bei den adäquaten mannichfacher modificirt und in denselben Zeiträumen rascher gewechselt werden können. Nur eine Fähigkeit unseres Geistes, die Phantasie nämlich, ist im Stande, diese Variation bis zu einem gewissen Grade zu ersetzen, weil ihre Wirkungen reine oder willkürlich abgeänderte Wiederholungen früherer sinnlicher Ein-

drücke darstellen. Während daher die Folgen des örtlichen Druckes auf die Sinnesnerven, die Effecte der elektrischen Reize, der Blutcongestionen ihren einseitigen Charakter nie ablegen, liefern uns die Traumerscheinungen nicht minder vollkommene Anschauungen als das objective Sehen. Ebenso können wir uns auch im Wachen mit Hilfe phantastischer Vorstellungen vollkommen farbige und perspectivische Darstellungen, fortlaufende Melodieen u. dgl. vorführen, ohne daß sie die Grenzen unserer reinen Subjectivität irgendwie verlassen.

991 Die eigene Auffassung bildet bei allen Sinneseindrücken ein wesentliches Moment. Denn jeder von ihnen wird noch auf diese Weise in besonderer Art verarbeitet. Wenn sich auch z. B. ein objectives Bild auf der Netzhaut mit der genauesten Wiedergabe von Licht und Schatten und der einzelnen Farben abspiegelt, so wird doch der Eindruck nicht bloß zum Gehirn geleitet und dort einfach wiedergegeben, sondern je nach Verschiedenheit der Nebenverhältnisse mannnichfach abgeändert. Wie wir in der Folge sehen werden, beruhen die durchgreifenden Bestimmungen der relativen Größe der Entfernungen und der Perspective auf geistigen Ergänzungen, welche zu der unmittelbaren Sinneswahrnehmung hinzukommen und diese erhöhen und vervollständigen. Unzweifelhaft lernt unsere Seele hierbei allmälig durch den Vergleich mit anderen Sinneseindrücken, wie sie zu verfahren habe. Denn das zarte Kind und der Blindgeborene, welcher sein Gesicht wieder erhält, haben von Supplementen der Art gar keine oder nur unvollständige Begriffe. Diese hängen daher auch nicht allein von der Schärfe des Sinnesorganes, sondern von der Fähigkeit, Erziehung und Richtung des Geistes ab. Ja die letzteren Bedingungen sind bisweilen, wie wir in der Folge finden werden, nothwendiger als die ersteren. So sehr aber auch die Erfahrung, die Erinnerung vergangener Studien zur Richtschnur nachfolgender Beurtheilungen wird, so scheint doch auch wenigstens in mancher Beziehung eine gewisse prästabilirte Harmonie zwischen den objectiven Erfordernissen und den subjectiven Gesetzen der Empfindung vorhanden zu sein. Unser Auge z. B., dessen Hauptzweck das objective Sehen, die Wahrnehmung entfernter Objecte bildet, hat die primitive Neigung, alle Bilder ohne Unterschied nach außen zu versetzen. Drücken wir die Netzhaut, so scheint uns der feurige Eindruck nicht im Bulbus, sondern außerhalb desselben zu liegen. An der Haut dagegen ist diese Beziehung eine andere. Die Affection des Tastens ist immer eine unmittelbare. Der Gegenstand, dessen Widerstand, Größe oder Temperatur auf diesem Wege beurtheilt werden soll, muß unsere Körperoberfläche selbst berühren. Diesem entsprechend empfinden wir dann auch das Prickeln, welches das Einschlafen eines Gliedes bezeichnet, an den peripherischen Grenzen desselben und nicht entfernt von ihm oder außerhalb unseres Körpers.

992 So wahr aber auch dieses harmonische Verhältniß bleibt, so greift es doch nicht allgemein durch. Schon die subjectiven Feuerbilder der Netzhaut erlangen nie eine so bedeutende Entfernung von unserem Auge, als sie irgend distante Gegenstände bei dem objectiven Sehen darbieten. Selbst

das Stechen bei dem Einschlafen der Glieder wird eher dicht unter der äußeren Haut als auf der Oberfläche derselben wahrgenommen. Wir hören das Ohrensausen häufiger in als außerhalb unseres Ohres u. dgl. mehr. Die Natur scheint überhaupt nur durch jene immanente Versetzung den ersten Schritt einzuleiten, die richtigere Beziehung der objectiven Eindrücke dagegen der allmälig reifenden Erfahrung zu überlassen. 993

Diese nothwendige Uebung und Erziehung stützt sich vorzüglich darauf, daß sich die Sinne in vieler Hinsicht wechselseitig controliren und selbst durch andere Thätigkeiten des Körpers in ihren Auffassungen ergänzen können. Den wichtigsten Hebel für die Beurtheilung der Entfernungen bildet einerseits das Tastgefühl und anderseits die nothwendige Bewegungsgröße, um von einem Punkte zu dem anderen zu gelangen. Die Wahrnehmung des Ortes, von welchem ein Schall oder ein Geruch herkommt, basirt sich zu einem großen Theile darauf, daß wir uns nach einer bestimmten Seite wenden müssen, um den tönenden oder riechenden Körper möglichst scharf aufzufassen. Wie wir später sehen werden, hört auch in dieser Beziehung alle Sicherheit auf, so wie keine genaue Controle der Art möglich ist oder nicht der Analogie nach übertragen zu werden vermag. Wo Zwischengegenstände fehlen, täuschen wir uns jeden Augenblick in Betreff der Entfernungen in dem bedeutendsten Maaße. Das Urtheil über die Richtung, woher ein Ton komme, fällt sehr oft fehlerhaft aus, weil der schwingende Körper unserm Blicke meistentheils entgeht.

Diese wechselseitige Beziehung der einzelnen Sinnesempfindungen 994
macht es möglich, daß die Anschauungen der einen die der anderen bis zu einem gewissen Grade ergänzen oder sogar ersetzen können. Der Blinde vermag, wenn er im Hören sehr geübt ist, aus dem Schalle seiner eigenen Tritte die Form des Zimmers, in welchem er sich befindet, ungefähr zu bestimmen. Er bildet sich seine Vorstellungen über die Schönheit oder Häßlichkeit eines Menschen nach dem Klange der Stimme desselben. Sein Tastgefühl kann dergestalt verfeinert sein, daß er das Korn der Farbe und innerhalb gewisser Grenzen die letztere selbst bestimmt. Starke Tabacksschnupfer haben nicht selten keinen Geruch mehr und beurtheilen die Beschaffenheit des Tabacks nach dem Reizgefühl, welches die sensiblen Nerven ihrer Nasenschleimhaut empfinden. Während aber solche gegenseitige Ergänzungen leicht denkbar sind und oft eine Klippe für manche Täuschungen abgeben, widerspricht es allen bisher bekannten physiologischen Gesetzen, daß sich eine Nervenfaser ihrer bestimmten Function entkleiden und eine ganz andere Energie übernehmen, daß z. B. die von dem fünften Nervenpaare stammenden schmerzempfindenden Zweige der Nase die Gerüche selbst als specifische Wahrnehmungen statt des N. olfactorius vermitteln sollten. Die von Magnetiseurs gemachten Angaben, daß ihre Kranken im magnetischen Schlafe bei fest verbundenen Augen mittelst der Herzgrube lesen, verhöhnt gewissermaßen alle physiologischen Erfahrungen, insofern zu dem objectiven Sehen kein bloßes Vicariiren verschiedener Nerven, sondern ein nothwendiger zusammengesetzter physikalischer Vorbereitungsapparat gehört.

995 Obgleich jedes Sinnesorgan ein für sich abgeschlossenes ziemlich unabhängiges Ganze zu sein scheint, so bedarf es doch zur Vollständigkeit seiner Functionen nicht bloß der Beihilfe der übrigen Sinneswerkzeuge (§. 993), sondern auch noch der anderer Systeme des Körpers. Seine Ernährung fordert natürlich die Integrität der Blutzufuhr und zum Theil des Nerveneinflusses. Das Gehirn und die höheren geistigen Fähigkeiten erzeugen und verarbeiten die specifischen Empfindungen, wie wir zum Theil schon gesehen und in der Nervenphysiologie ausführlicher erläutern werden. Vorzugsweise aber werden die Bewegungsorgane auf wesentliche Weise in Anspruch genommen. Sie dienen besonders einem dreifachen Zwecke.

1) Damit sich die Vorbereitungsapparate den verschiedenen äußeren Verhältnissen accommodiren können, erhalten einzelne Theile derselben die Fähigkeit, sich zusammenzuziehen oder werden mit besonderen Muskeln versehen. Getrennte Stücke werden mittelst ihrer passend eingestellt, so daß sich der Wirkungskreis des Apparates auf diese Art erhöht. Hierher gehören z. B. die Regenbogenhaut des Auges, der Musculus Mallei internus und der Musculus stapedius des Ohres u. dgl.

2) Da die Sinneswerkzeuge nur an bestimmten Punkten und in einseitigen Richtungen in unserem Körper angebracht sind, so würde der Umfang ihrer Effecte bedeutend kleiner ausfallen, wenn nicht diesem Uebelstande durch entsprechende Correctionen abgeholfen wäre. Diesen Dienst leisten Muskeln, welche entweder nur zu einem solchen Zwecke hergestellt worden oder die nebenbei noch andere Bestimmungen erfüllen. Die Augenmuskeln richten daher z. B. das Auge, die freilich bei dem Menschen nur rudimentär vorhandenen Muskeln des äußeren Ohres das letztere nach verschiedenen Seiten. Bemühen wir uns, genau oder mit besonderer Intensität zu riechen, so ziehen wir die Nasenflügel in die Höhe und suchen die Nasenlöcher zu erweitern, damit ein stärkerer Luftstrom und mit ihm eine größere Menge riechender Dünste eingezogen werden könne. Dadurch, daß die Zunge sowohl, als die schmeckenden Theile des Rachens einen hohen Grad von Beweglichkeit besitzen, wird die Garantie erreicht, daß nur ausnahmsweise einzelne Theilchen hinuntergeschluckt werden können, ohne der Prüfung des Geschmackssinnes anheimzufallen. Dem Tastorgane endlich dienen die benachbarten Bewegungswerkzeuge, um den gehörigen Gegendruck gegen die zu fühlenden Gegenstände auszuüben, über deren Rauhigkeit oder Glätte ein Urtheil zu fällen und ihre Form und Größe zu bestimmen. Endlich

3) bilden diese Muskelbewegungen nicht selten den Regulator der geistigen Auffassung einzelner Sinnesempfindungen. Die verschiedenen Raumvorstellungen, insbesondere alle Ideen über Entfernung und ähnliche Verhältnisse werden vorzugsweise durch die Vergleichung der möglichen unmittelbaren Sinneswahrnehmung mit den nothwendigen vorbereitenden Muskelthätigkeiten gewonnen. Der Instinkt und die Erfahrung, welche die letzteren reguliren, prägen sich in unserem Geiste dergestalt ein, daß wir dann die auf diesem Wege empfangenen Kenntnisse, auch ohne das Maaß des Raumes durch unsere Muskeln zu wiederholen, auf die unmit-

telbaren Sinnesempfindungen übertragen und daher die Entfernungen sogleich schätzen, sowie sich überhaupt nur die Eindrücke gebildet haben. Man hat deshalb auch jene fundamentale bewußtlose und doch das Bewußtsein anregende Thätigkeit der Muskeln mit dem Namen der Bewegungsideen bezeichnet (Steinbuch)[1]) und aus ihnen die Leistungen der Räumlichkeitssinne, nämlich des Gefühls, des Gesichts und zum Theil des Gehörs bald einseitiger, bald in beschränkterem Maaße und richtiger zu erläutern gesucht[2]).

Indem aber die Natur die Sinne zu den Verbindungsmitteln des gei- 996
stigen Principes und der Außenwelt machte, knüpfte sie an dieses Band viele unserer Begierden. Das Gefühl schützt nicht nur unseren Organismus vor äußeren Gefahren und bestimmt unsere Bewegungen in vielfacher Hinsicht, sondern steigert sich auch unter gewissen Modificationen zur Wollust, welche bald nur einen augenblicklichen Genuß, wie das Kratzen, das Kitzeln veranlaßt, bald dagegen die höhere Bestimmung der Erhaltung der Gattung verfolgt. Während der Geruch bei vielen Thieren die zu dem letzteren Zwecke nothwendige Auswahl leitet, übernimmt vorzugsweise das Gesicht und seltener das Gehör dieselbe Rolle bei uns, die wir für die mehr ideellen Beziehungen der Form oder der Melodie mittelst unserer erhabneren geistigen Anlagen empfänglicher werden und uns auf diese Art wesentlich selbst von den höchsten Säugethieren unterscheiden. Der Geschmack erlangt zwar keinen so bedeutenden Einfluß auf höhere Thätigkeitsäußerungen als die genannten Sinne. Nichts desto weniger bildet er jedoch den Wegweiser für unsere Nahrungsmittel, während er und der Geruch alle Abgänge entfernt hält, damit sie nicht unnütz von Neuem eingenommen werden und größtentheils oder gänzlich zwecklos den Organismus durchwandern.

So klar aber auch solche teleologischen Bestimmungen der Sinnes- 997
thätigkeiten sind, so wenig dürfen wir diese Beziehungen derselben übertreiben. Ueberall verbindet zwar die Natur mit ihren Einrichtungen die höchste Zweckmäßigkeit, welche die Regularität der Functionen und durch sie das Bestehen der Gattung sichert. Allein das Verhältniß geht nicht so weit, daß die Existenz des Individuums für alle Fälle hierdurch garantirt würde. Dieses Axiom kehrt auch bei den Sinnen wieder. Viele Gifte zeichnen sich durch keinen besonderen Geschmack aus. Andere rufen dieselben Eindrücke, wie die unschädlichsten oder selbst die nahrhaftesten Substanzen hervor. Kein Sinnesorgan überhaupt ist gegen die Nachtheile der Ueberspannung oder direct schädlicher Einflüsse absolut gesichert. Erfahrung und Wille müssen hier die nothwendigen Mängel der großartigen Anordnung, bei welcher das Individuum nur als Theil des Ganzen, sonst aber keine Bedeutung hat, ergänzen.

Außer diesen niederen Beziehungen bilden endlich die Sinneseindrücke 998
die Träger der geistigen Wirksamkeit und werden durch ihre sublimere Auf-

---

[1]) J. G. Steinbuch Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 30.
[2]) Steinbuch a. a. O. Vergl. auch C. Th. Tourtual die Sinne des Menschen in den wechselseitigen Beziehungen ihres psychischen und organischen Lebens. Münster, 1827. 8. S. 198 fgg.

fassung zu Gegenständen der Kunst. Jeder von ihnen kann zwar durch Raffinement zu einer solchen höheren Stufe emporgehoben werden. Allein die Contactsinne des Tastens, des Geschmacks und des Geruchs dienen selbst dann nur materiellen Gelüsten, welche sogar der edlere geistige Mensch eher vermeidet als aufsucht. Die Distanzempfindungen des Auges und des Ohres dagegen eignen sich durch ihre ursprüngliche ideellere Natur, den Menschen zu den höheren ächten Kunstgenüssen überzuführen und mittelst ihrer Leistungen die reinsten, der niederen Sinnlichkeit am meisten entrückten Gefühle anzuregen, ohne nothwendiger Weise einen bedeutenderen Grad von Erziehung oder Bildung für eine schwierige Gedankenabstraction vorauszusetzen. Sie besitzen daher in ihren Effecten eine größere Popularität als die tiefsten Studien des menschlichen Geistes, welche nur wenigen gleich Empfänglichen und gleich Gesinnten zugänglich bleiben. Daß auch sie zu niederen Zwecken gemißbraucht und herabgewürdigt werden können, versteht sich von selbst.

Sehen.

999 Schutz- und Richtungsorgane des Auges. — Die zarte Oberfläche des Auges, welches überdies, wenn seine Functionen regelrecht von Statten gehen sollen, in einem seiner freien Theile, der Hornhaut, vollkommen hell und durchsichtig bleiben muß, erhält eine Reihe von Schutzapparaten, die sogar nebenbei auf den optischen Proceß des Sehens einen nicht unbedeutenden Einfluß erlangen können. Die Augenlider nämlich verschließen unser Gesichtsorgan gleich zwei beweglichen Deckeln, welche in verschiedenem Grade von einander entfernt und gefaltet zu werden vermögen, so daß schon auf diese Weise eine sehr verschiedenartige Beschattung unserer Sehwerkzeuge möglich wird [1]). Obgleich sie nicht so dicht und undurchsichtig sind, daß sie gar keine Lichtstrahlen hindurchlassen, wiewohl wir daher bei noch so festem Verschlusse derselben einen röthlichen Schimmer im Sonnenlichte wahrnehmen, so reichen sie doch in den gewöhnlichen Fällen hin, um die objectiven Bilder auf ein beschränktes Maaß zurückzuweisen, zu verdeutlichen und uns auf diese Art vor den unwillkürlich sich aufdrängenden zu reichlichen Eindrücken zum Theil zu bewahren. Da aber nur diejenigen Lichtbündel, welche durch die Pupille hindurchtreten, für das objective Sehen von Bedeutung sind, alle anderen dagegen, welche auf die harte Haut, die Hornhaut oder durch diese letztere auf die Iris gelangen, nutzlos verloren gehen, so fällt auch die Augenlidspalte, wenn sie möglichst verkleinert wird, in die dem Sehloche gegenüberliegende Region. Ihren Schluß besorgt der Orbicularis oculi; die Erhebung des oberen Augenlides dagegen der Levator palpebrae superioris. Während die Thätigkeitsweisen dieser Muskeln schon in der Be-

---

[1]) Ueber die mannichfachen Einflüsse der Augenlider auf das Sehen s. Tourtual in Müller's Archiv. 1838. S. 316—350 und 1840. S. XXXVIII—XLI.

wegungslehre behandelt worden (§. 779 und 823), gehörten ihre nervösen Verhältnisse, die zugleich die meisten Abweichungen und Krankheiten derselben veranlassen, in die Nervenphysiologie.

Daß die Bewegungen der Augenlider nicht bloß zum Abhalten des Staubes oder ähnlicher Schädlichkeiten, so wie zur Fortbewegung der Thränenflüssigkeit (§. 474), sondern auch zu optischen Zwecken dienen, lehren uns am deutlichsten die Kurz- und Fernsichtigen, indem sie jene bei angestrengtem Sehen in die Weite möglichst zusammenkneifen, diese dagegen mehr oder minder stark zurückziehen. Ebenso bedienen wir uns sogleich des ersteren Mittels als Correction gegen ein zu starkes blendendes Licht, das uns allseitig umgiebt, wenn wir z. B. plötzlich aus einem dunkelen in einen hellen Raum treten, oder in die Sonne, oder nach einer von dieser beschienenen und das Licht stark zurückwerfenden Wand sehen. Wenn aber die tiefe, nach hinten gehende Lage des Auges die Beschattung von oben von vorn herein begünstigt, so wird sie bei heftigem Zusammenkneifen der Augendeckel noch dadurch vergrößert, daß dann vorzüglich der äußere Theil der Haut, welcher sich zwischen dem oberen Augenlide und der Augenbrauen befindet, wulstig hervortritt und sich in Art eines zweiten Deckels über die entsprechenden Parthieen der oberen Reihe der Cilien hinüberlegt.

Die Augenwimpern bilden einen ergänzenden Schutzapparat der 1000
Augenlidspalte. Obgleich nämlich die Augenlidränder ziemlich genau an einander passen, so könnten doch leicht kleine fremde Molecule, wenn nicht die Augendeckel krampfhaft an einander gepreßt werden, auf die Conjunctiva gelangen. Indem sich aber zunächst die obere Cilienreihe an die untere anlegt, wird eine Gefahr der Art möglichst verhütet. Die Einrichtung, daß die Wimpern schwach concav sind und dabei die oberen ihre Convexität nach unten, die unteren dagegen die ihrige nach oben wenden, hat einen doppelten Nutzen. Einerseits können sie dann schon zum Schutze des Auges theilweise beitragen, wenn selbst die Augenlidspalte nicht so sehr verkleinert wird, daß keine objectiven Bilder mehr zur Netzhaut gelangen. Anderseits aber wurde hierdurch die Störung corrigirt, welche sie sonst bei dem Sehen durch ihre nothwendige etwas geneigte Stellung und ihre Länge verursachen müßten. Beiderlei Thätigkeiten sind aber nur, wie man leicht sieht, von untergeordneter Bedeutung. Wir finden daher auch, daß die Cilien bei sehr vielen Menschen minder regelrecht gebaut und gestellt sind, ohne daß sehr wesentliche Nachtheile daraus hervorgehen. Nur ihr gänzlicher Mangel in größeren Strecken oder ihre Neigung nach innen, durch welche sie die so empfindliche Bindehaut mittelst ihres mechanischen Widerstandes fortwährend reizen, giebt zu erheblichen Krankheitszuständen Veranlassung.

Die Meibomischen Drüsen können in mancher Hinsicht als eine 1001
bedeutendere Entwicklung der Fettdrüsen, welche jedes Hauthaar begleiten, angesehen werden. Jedoch ist der Zweck ihrer Größe und ihres eigenthümlichen Verlaufes noch nicht ganz klar. Es ließe sich allerdings denken, daß die Natur die Augenlidränder stark oder vielmehr zu jeder Zeit sicher einölte, damit nicht die Thränen in den gewöhnlichen Zuständen zur Augenlidspalte heraussträten. Daß jedoch nicht diese Absicht die Hauptursache der Anwesenheit und bedeutenden Ausbildung der Meibomischen Drüsen sein könne, lehren die dichtere Beschaffenheit ihres Fettes, die verhältnißmäßig nicht bedeutende Uebertünchung der Augenlidränder und das

Abfließen der Thränen durch die Augenlidspalte bei heftigerem Weinen. Ebenso können sie zwar, indem sie sich zwischen dem Augenlidknorpel und der Bindehaut der Augenlider erstrecken, als weiche stets mit Fett gefüllte Schläuche zur Milderung des Druckes beitragen. Allein dieser Zweck war durch eine einfache Fettablagerung leichter zu erzielen. Da sie nun hinter den ihnen entsprechenden Wimpern münden, so wird vielleicht ihr Secret mit den Flüssigkeiten des Conjunctivalsackes vermischt, hierbei chemisch umgeändert und zu anderen Thätigkeiten, wie z. B. zur Verhütung der Reibung geschickt gemacht. Einen gleichen Nutzen könnte das Absonderungsprodukt der Caruncula lacrymalis gewähren. Für diese Hypothese spricht der Umstand, daß wir bisweilen einzelnen zerstreuten Oeltropfen bei der mikroskopischen Untersuchung der von der Bindehaut abgestrichenen Flüssigkeit begegnen.

1002 Die Thränen und das Secret der Bindehaut, deren mechanische und chemische Verhältnisse schon früher, so weit sie bekannt sind, dargestellt worden (§. 474 — 76), schützen zunächst das Auge vor der nachtheiligen Einwirkung der Verdunstung. Die Natur unterhält hier einen kleinen Stromapparat, welcher in der Thränendrüse seine ursprüngliche Quelle und dem Thränenröhrchen, dem Thränensacke und dem Thränengange seine Ableitungswerkzeuge hat, so daß die gehörige Befeuchtung eben so sehr gesichert, als jedes Ueberfluthen verhütet ist. Die Bindehaut unterstützt dann diese nothwendigen Sicherheitsmaßregeln durch die Thätigkeit ihrer Blutgefäße und die hieraus resultirende Absonderung.

Zu gleicher Zeit aber sind alle hier in Betracht kommenden Verhältnisse den optischen Bedingungen genau angepaßt. Die Conjunctiva scleroticae, welche ohne Nachtheil so wenig durchsichtig als möglich sein kann, besitzt auch zahlreiche Blutgefäßstämme, von denen sogar ein Theil dem unbewaffneten Auge unmittelbar auffällt. Die Bindehaut der Cornea dagegen reducirt sich fast gänzlich auf einen feinen durchscheinenden Epithelialüberzug. Ihre nach dem Mittelpunkte strahlig zusammentretenden Gefäßstämmchen sind so zart, daß sie dem freien Auge gänzlich entgehen und selbst durch Injectionen nur mit Mühe dargestellt werden können. Indem die Thränen aus einer vorherrschenden Menge von Wasser, das nur etwas Schleim oder andere organische Stoffe und vorzüglich Kochsalz enthält, bestehen, nähern sie sich in dieser Einfachheit ihrer Zusammensetzung der wässerigen Feuchtigkeit des Auges. Da nun der Brechungsexponent von dieser, wie wir in der Folge sehen werden, von dem der Hornhaut nicht bedeutend abweicht, so kann wahrscheinlich [1]) die letztere mit einer Schicht von Thränen überzogen sein, ohne daß hierdurch die Dioptrik des Auges wesentliche Veränderungen erleidet. Wie nothwendig aber diese anhaltende Befeuchtung der Cornea mit einer entsprechenden Flüssigkeit sei, lehren die später zu erwähnenden nachtheiligen Folgen der Trübung des Epithelium desselben nach dem Tode und seine Verhornung, welche bisweilen im Leben eintritt,

[1]) Dieser Schluß ist deshalb vorläufig noch zu limitiren, weil die Brechkraft der verschiedenen Körper nicht immer mit der Dichtigkeit derselben in einem genau nachweisbaren Verhältnisse steht.

und auf deren Verhältnisse wir in der Nervenphysiologie zurückkommen werden.

Die nahe liegende Frage, wie viel von den Thränen, wie sie sich uns unmittelbar darbieten, durch die Thränendrüse und wie viel durch die Bindehaut geliefert werde, ist bis jetzt noch nicht definitiv gelöst worden. Exstirpirte man bei Kaninchen oder Schaafen die Thränendrüse, die Hardersche Drüse und diejenigen Theile der Augendeckel, welche die Meibomischen Drüsen enthalten, so dauerte die Befeuchtung der Conjunctiva mit einer Flüssigkeit, welche Kochsalz enthielt, fort. Entfernte man dagegen bei einem Kaninchen die Augenlider nebst der Bindehaut derselben und der Conjunctiva scleroticae, während die Thränendrüse selbst unversehrt blieb, so fehlte jene normale Befeuchtung, die Ueberreste der Augendeckel heilten mit dem Augapfel zusammen, und die Hornhaut wurde, sofern sie frei blieb, getrübt (Martini)[1]. Der letztere Versuch kann nicht als definitiver Beweis, daß nur die Conjunctiva die Thränen erzeuge, angeführt werden, weil die Operation selbst die zarten Ausführungsgänge der Thränendrüse verletzte, die nachfolgende Entzündung, wenn sie auch nicht das Auge selbst ergriff, doch sicher die getroffenen Thränenwerkzeuge nicht unberührt ließ und die späteren Ausschwitzungsproducte kein genaues Urtheil über die Absonderung erlaubten. Die Resultate der zuerst genannten Experimente dagegen erklären sich leicht aus der jedenfalls fortdauernden Thätigkeit der Bindehaut. Sichere Schlüsse ließen sich erst dann entnehmen, wenn die Thränen vor und nach der Exstirpation der Thränendrüse auf das Genaueste chemisch untersucht würden. Daß die Conjunctiva viel Flüssigkeit liefern könne, versteht sich von selbst.

Der Mangel an genügenden chemischen Untersuchungen der Thränen hindert auch noch, ein genügendes Urtheil über andere den Nutzen derselben betreffende Vorstellungen zu fällen. Wir haben schon früher (§. 468) gesehen, daß Schleim und Hornstoff in manchen Beziehungen an einander erinnern, daß in dem Schleime selbst nicht selten freie Kerne von Epithelialzellen vorkommen und die letzteren an solchen Oberflächen, welche keine Schleimsecretion darbieten, stärker verhornen. Fehlt die Schleimabsonderung an der Bindehaut, so schreiten die Epithelialzellen derselben in ihrem Verhornungsprocesse weiter fort und werden daher undurchsichtiger. Die Secretion der Thränen würde daher indirect eine sonst nothwendig eintretende Trübung der Hornhaut verhüten und daher auf mittelbare Weise den optischen Verhältnissen des Auges nützlich werden. Martini[2]) stützt sich bei einer ähnlichen Vorstellung auf die alkalische Beschaffenheit der Thränen. Wie nämlich hierdurch Hornsilberniederschläge, welche wir durch Aetzung der Conjunctiva mit Höllenstein erzeugen, rasch durch chemische Solution entfernt werden, so lösen auch die Thränen, welche nur in dieser Beziehung gleich anderen Schleimhautsecreten wirkten, die älteren verhornten Epithelialschichten auf. Diese neu hinzutretenden Substanzen erzeugten das Schleimige der Flüssigkeit und bewirkten die Niederschläge und Trübungen, welche sich bei Thränen, die an der Luft stehen, erzeugen.

So wie die Absonderung der Bindehaut krankhaft verändert wird, wirkt sie sehr leicht, wie schon früher (§. 477) angeführt wurde, auf die gegen chemische Einwirkungen so empfindliche Hornhaut ein. Aus diesem Grunde sind durchschnittlich ihre pathologischen Zustände für das Auge gefährlicher, als die der Thränendrüse.

Da die Hornhaut, welche in unserem Auge die Rolle eines Objectivs 1003
vertritt, keinen sehr großen Abschnitt einer Kugelfläche oder eines Ellipsoides umfaßt und überdies noch durch das hinter ihr befindliche Diaphragma der Regenbogenhaut in hohem Grade eingeschränkt wird, so kann der Raum, dessen Gegenstände sich auf der Netzhaut abspiegeln, keine sehr große Ausdehnung haben und verhältnißmäßig nur einen kleinen

---

[1]) F. Martini Von dem Einflusse der Secretions-Flüssigkeiten auf den menschlichen Körper im Allgemeinen und insbesondere von dem Einflusse der Thränen auf das menschliche Auge. Ein Beitrag zur Kenntniss der animalischen Gifte. Thl. II. Constanz, 1843. 8. S. 26.

[2]) a. a. O. S. 32.

Theil des vor uns liegenden optischen Horizontes aufnehmen. Der Bulbus muß daher, wenn wir alle in dieser Hinsicht möglichen Anschauungen auffassen sollen, nach verschiedenen Seiten hin gerichtet werden können. Diese Bedingung wäre zwar durch die Bewegungen des Kopfes für beide Augen zugleich, nicht aber für jedes einzelne unabhängig von dem andern zu erfüllen gewesen. Aus diesem Grunde gab uns die Natur besondere Werkzeuge, mittelst welcher wir den äußeren Gegenständen ohne Verrückung des Kopfes bis zu einem gewissen Grade zu folgen im Stande sind. Wollen wir z. B. ein festes Fernrohr nach den fernen Objecten, die sich in verschiedenen Stellungen befinden, richten, so muß es sowohl in horizontaler als in verticaler Richtung gedreht werden können. Da sich dann die schiefe Bewegung nach den Gesetzen des Parallelogrammes der Kräfte von selbst ergiebt, so ist auch hierdurch jede Wendung der Art innerhalb einer halben Kugelfläche möglich gemacht. Ein ähnliches Verhältniß kehrt an unserem Auge nur mit dem Unterschiede, daß die Bewegungsgröße etwas beschränkter ist, wieder. Die Augenmuskeln richten den Bulbus dergestalt, daß wir unser Sehloch auf sehr große fast 120° erreichende Bogenabschnitte ohne Veränderung der Lage des Kopfes einzustellen vermögen.

1004 Jeder der vier Recti zieht, wenn er allein wirkt, den Augapfel einseitig nach seiner Seite hin, der obere mithin nach oben, der untere nach unten, der innere nach innen und der äußere nach außen. Die beiden ersteren bedingen daher die senkrechte, die zwei letzteren die horizontale Bewegung. Der Rectus superior steht mit dem inferior und ebenso der Rectus internus mit dem externus in einem antagonistischen Verhältnisse. Soll daher der eine seine ursprüngliche Wirkung zu Stande bringen, so muß sein Gegenfüßler, wie dieses schon §. 808 erläutert worden, in entsprechendem Maaße nachgeben. Durch gegenseitige Combinationen je zweier benachbarter Recti entstehen Diagonalwirkungen, deren Gesetze wir §. 800 kennen gelernt haben.

Die Natur war, wie man leicht sieht, bei der Herstellung dieser Richtungsmuskeln des Augapfels durch die Form der Orbita in gewisser Beziehung gebunden. Das Einfachste wäre gewesen, den Rectus superior z. B. von der oberen Fläche des Augapfels gerade nach der gegenüberliegenden Stelle des Daches der Augenhöhle zu leiten und in ähnlicher Weise rücksichtlich der anderen geraden Augenmuskeln zu verfahren. Da die Zahl der Fasern allein die Kraft der Muskeln bestimmt (§. 803), so hätte auch unter diesen Verhältnissen die Energie derselben die gleiche bleiben können. Die Verkürzungsgröße wäre aber dann zu gering ausgefallen. Die Augenmuskeln entspringen deshalb aus dem Grunde der Orbita, werden längs der größten Ausdehnung derselben hingeleitet und heften sich endlich erst an die Sklerotika oder den äußeren sehnigten Ring derselben (Erdl). Indem ihnen das zwischenliegende Fett in ähnlicher Weise, wie dieses von dem Levator palpebrae superioris angeführt worden (§. 779), als Leitungsrolle und überhaupt als specieller Modificator der Wirkungsweise dient, drehen sie ursprünglich den Augapfel und führen ihn dann secundär nach der Seite ihrer Wirkung hin. Die Anheftungen des Bulbus, die Masse des benachbarten Fettes, der Widerstand des Sehnerven und überhaupt die vollkommene Ausfüllung der Orbita mit Substanzen, welche nur bedingt nachgeben, schränken die Bewegungen, sofern es nicht schon durch den Zusammenziehungsgrad der Muskeln selbst geschieht, dergestalt ein, daß die Peripherie der Hornhaut selbst in dem Maximum dieser Ortsveränderungen den Orbitalrand nie voll-

ständig erreicht und die Möglichkeit der Abspiegelung der äußeren Bilder in keinem Falle durch die Thätigkeit der Muskeln aufgehoben wird.

Obgleich sich zwar die vier Recti ungefähr unter rechten Winkeln an einen senkrechten idealen Kreis des Augapfels anfügen, so heften sie sich doch nicht in gleicher Entfernung von dem äußersten Umfange der Hornhaut an. Durchschnittlich reicht die Insertion des Rectus internus und zum Theil des externus weiter, als des Rectus superior und inferior. Die Achse, welche die Endpunkte der Sehnen der beiden letzteren Muskeln verbindet, steht meist etwas schief nach hinten und oben [1]). Da nun überdies der innere Augenmuskel dem Rectus inferior näher liegt als dem superior, so wird schon hierdurch die Wendung des Auges nach innen oder nach innen und unten begünstigt. Sie muß wenigstens bei derselben Bewegungsgröße mehr in die Augen fallen.

Der Theorie nach ließe sich annehmen, daß die geraden Augenmuskeln 1005
noch andere Wirkungen bedingen könnten. Zögen sich z. B. der obere und der untere oder der innere und der äußere Rectus gleichzeitig zusammen, so würde der Bulbus möglicher Weise keine veränderte Seitenrichtung annehmen, dafür aber nach dem Grunde der Augenhöhle zurückgezogen werden. Diese Bewegung kommt jedoch nie an dem lebenden Auge in irgend bedeutendem Maaße zum Vorschein. Beobachtet man selbst die Hornhaut bei genau festgestelltem Kopfe in dem Seitenprofile unter der Lupe, so gelingt es nicht, ein irgend erhebliches Zurückweichen derselben bei willkürlichen Anstrengungen des Individuums oder bei abwechselndem Nahe- und Fernsehen wahrzunehmen. Ob dieser Effect durch die Thätigkeit der Obliqui contrebalancirt wird, werden wir bei diesen näher prüfen.

Noch weniger begründet ist die von einigen Schriftstellern vertheidigte 1006
Hypothese, daß die vier Recti, indem sie sich stark zusammenziehen, den Augapfel seitlich zusammendrücken, auf diese Weise indirect von vorn nach hinten verlängern und so die gegenseitigen Entfernungen der dichteren brechenden Medien verändern. Ein Versuch der Art gelingt zwar leicht am todten Auge, dessen Theile schon den ersten Anfang von Maceration darbieten und nicht mehr von ihren Nachbargebilden prall umschlossen werden, nicht aber im Leben, wo Alles eng an einander gefügt und daher einen größeren Widerstand zu leisten im Stande ist.

Die Verhältnisse der schiefen Augenmuskeln lassen noch vieles Dunkle 1007
übrig. Schon das Studium ihrer bloßen Wirkungsweise stößt auf erhebliche Schwierigkeiten. Da nämlich die Augen menschlicher Leichen, wenn sie zur anatomischen Untersuchung kommen, mehr oder minder zusammengefallen und nachgiebig sind, so erhält man, wenn man alle Augenmuskeln überhaupt in der Richtung ihrer Fasern anzieht, geringere Bewegungsexcursionen, als im Leben selbst beobachtet werden. Dieser Nachtheil wird aber bei den Obliquis, wo er sogar in höherem Maaße hervortritt, fühlbarer als bei den Rectis. An Säugethieren dagegen angestellte Versuche gestatteten nur sehr bedingte Resultate, weil hier noch ein eigener Muskel, der Retractor bulbi, welcher den Augapfel nach hinten zurückzieht, vorhanden ist und durch dessen Thätigkeit neue Effecte, die wir nicht genau berechnen können, entstehen. Ueberdies treten oft die Antagonisten bei

---

[1]) N. G. Melchior De Myotomia oculi. Hauniae, 1841. 8. p. 35.

lebenden Geschöpfen nicht sogleich in Wirksamkeit, sowie der Grundmuskel durchschnitten worden.

1008 Nimmt man das Auge mit den Lidern, der vollständigen Conjunctiva und den sämmtlichen übrigen in der Orbita befindlichen Theilen heraus, entfernt Alles bis auf den unverletzten Bindehautsack, die Thränendrüse, die Augenmuskeln und den Sehnerven, so erhält man ein Präparat, aus dem sich unmittelbar ergiebt, daß die Ebene, in welcher die beiden Obliqui wirken, weder mit der durch das Centrum der Hornhaut und des Sehnerven senkrecht gelegten Fläche, noch mit der Sehaxe zusammenfällt, sondern beide unter ziemlich bedeutenden Winkeln schneidet. Die Ausläufer der Sehne des Obliquus superior, welche neben dem Rectus superior zwischen diesem und dem Rectus internus dahingehen, liegen zwar dem zwischen dem Rectus inferior und dem Rectus externus durchtretenden Muskelende des Obliquus inferior gegenüber. Allein beiderlei Theile sind in der Regel gegenseitig etwas verschoben, so daß wenigstens ihre Fasern nicht fortlaufend, wenn man sie sich verlängert denkt, auf einander stoßen. Ihre Entfernung beträgt, wie es scheint, etwas weniger als einen Quadranten des Durchschnittskreises der entsprechenden Stelle des Augapfels. Wir können daher schon aus diesen Grundverhältnissen schließen, daß die Obliqui an und für sich den Bulbus nicht bloß um seine horizontale Achse nach oben oder nach unten, innen oder außen zu drehen, sondern auch nach vorn und nach hinten zu wälzen im Stande sind.

1009 Wollen wir nun die Functionen der Obliqui genauer angeben, so dürfen wir uns nicht darauf beschränken, von der Drehung des Bulbus oder der Pupille in wagerechter oder perpendiculärer Richtung wie bei den Rectis zu sprechen. Indem diese Ausdrucksweise die schiefe Wirkungsebene jener Muskeln ganz vernachlässigt, führt sie leicht zu Undeutlichkeiten und veranlaßte unzweifelhaft eine Reihe von Mißverständnissen, welche bei der Discussion über diesen Gegenstand Statt gefunden haben.

Sägt man sich an einem menschlichen Kopfe die unversehrte Orbita mit ihren Nachbartheilen heraus, entfernt die innere Parthie des Daches der Augenhöhle, legt den Mitteltheil der Muskelmasse des Obliquus superior bloß und führt durch die Mitte der Hornhaut eine Stecknadel, welche man in dem Grunde des Auges feststicht, ein, so dreht sich der obere und innere Quadrant der sichtbaren Parthie des Bulbus, sowie man den oberen schiefen Augenmuskel anzieht, nach unten und innen und drängt sich besonders nach vorn vor. Gelingt das Experiment gut, so wird selbst das obere Augenlid, wenn es herabhängt, deutlich aufgewulstet. Der untere und innere Quadrant des Augapfels begiebt sich nach innen, unten und hinten. Der Kopf der Stecknadel sieht dabei meistentheils, indem sie als Inder die schwache Bewegung der Pupille vergrößert, nach unten und etwas nach vorn und außen. Die äußere Hälfte der Sclerotica begiebt sich natürlich bei dieser Ortveränderung nach hinten und zum Theil nach oben. Je nachdem man also sie oder die innere Hälfte ins Auge faßt, muß die Beurtheilung der Bewegung des ganzen Bulbus gerade entgegen-

geſetzt ausfallen. Die Hornhaut im Ganzen rollt zugleich von hinten und oben nach vorn und dann nach unten.

Meißelt man nun den vorderen Theil der Baſis der Orbita an demſelben Präparate vorſichtig hinweg, ſo daß zwar die Mittelparthie des Obliquus inferior mit Leichtigkeit bloßgelegt werden kann, ſein Urſprung dagegen unverſehrt bleibt, und zieht den Muskel in der Richtung ſeines Faſerverlaufes an, ſo geht der untere und innere Quadrant der ſichtlichen Abtheilung des Augapfels nach oben und innen fort. Die Bewegung nach vorn, welche hier ebenfalls Statt findet, fällt im Allgemeinen weniger als bei dem Obliquus superior in die Augen. Zugleich tritt das obere Viertelſegment des Bulbus nach oben und etwas nach hinten zurück. Die Hornhaut wendet ſich entſprechend nach oben und außen und begiebt ſich mehr unter die äußere Hälfte des oberen Augenlides. Fixirt man daher das innere Segment des Bulbus, ſo kann man ſagen, daß der Obliquus inferior das Auge nach oben und innen wende, während die Bewegung zu einer ſolchen nach oben und außen wird, ſowie man ſich an die Hauptrichtung der Hornhaut hält. Keinerlei dieſer Bezeichnungen beſtimmt aber die weſentliche Wirkungsart jener Muskeln auf befriedigende Weiſe.

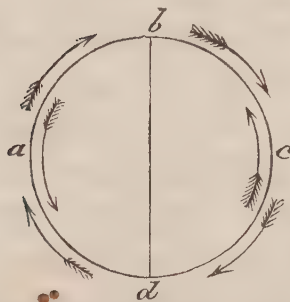
Zieht man endlich beide Obliqui zugleich an, ſo geht die innere ſenkrechte Hälfte des ſichtlichen Augapfels, vorzüglich in ihrer Mitte, nach vorn und zum Theil ſchief von innen und vorn nach außen und hinten, während der äußere Abſchnitt die entgegengeſetzte Bewegung vornimmt. Dieſer Erfolg entſpricht, wie man ſieht, gänzlich den eben erwähnten Detailwirkungen derſelben.

Schon hieraus läßt ſich entnehmen, daß die Obliqui nur bedingte ge- 1010
genſeitige Antagoniſten ſind. Denn ihre Thätigkeiten widerſtreben einander bloß in dem Balancement des Augapfels von oben nach unten und umgekehrt. Dagegen beſitzen ſie beide die Neigung, das innere vordere Segment des ſichtbaren Bulbus in ſeiner oberen oder unteren Hälfte nach vorn zu wälzen. In dieſer Beziehung aber arbeiten ihnen der Rectus internus und der Rectus superior oder inferior, nicht aber der Rectus externus, ſofern ſie den Augapfel nach dem Grunde der Orbita zu leiten ſich bemühen, entgegen.

Wir vermiſſen jedoch bei den verſchiedenen natürlichen Bewegungen des geſunden Bulbus ein ſolches Hervorrollen der inneren Hälfte des ſichtbaren Augapfels, wie es ſich häufig bei dem Anziehen der Obliqui in der Leiche darſtellt. Nur wenn mehrere gerade Augenmuskeln zugleich bei einem Menſchen durchſchnitten worden, wulſtet ſich bisweilen der Augapfel auf ſichtliche Weiſe hervor. Dieſes führt zunächſt zu der Vermuthung, daß die genannten geraden Muskeln allerdings die Wirkung der ſchiefen modificiren. Falten wir ein Stück des Rectus internus oder des Rectus superior eines oben beſchriebenen Präparates zuſammen, umſchnüren es mit einem Faden und ahmen auf dieſe Art einen geringen Verkürzungsgrad der genannten Muskeln nach, ſo tritt oft der innere ſichtbare Abſchnitt des Augapfels bei dem Anziehen des Obliquus inferior gar nicht,

bei dem des Obliquus superior in weit geringerem Maaße nach vorn hervor. Es erzeugt sich vielmehr durch diese schwache Hemmung eine Wirkung, welche wiederum den mechanischen Verhältnissen vollkommen entspricht.

Fig. 95.



Stellen wir uns nämlich vor, bad sei die innere und bcd die äußere Hälfte der Hornhaut, so dreht sich diese durch den oberen schiefen Augenmuskel in der Richtung des inneren, durch den unteren dagegen in der der äußeren Pfeile. Unter diesen Verhältnissen läßt sich daher behaupten, daß der erstere Muskel die Hornhaut nach unten und zum Theil nach außen, der letztere nach oben zu richten vermöge. Das Auge erhält durch die abwechselnde Thätigkeit der beiden Obliqui eine beschränkte Raddrehung. Da nun die senkrechte Ebene, welche durch die Mitte der Ansatzflächen der beiden schiefen Muskeln geht, schief von vorn und innen nach außen und hinten verläuft und die auf ihr perpendiculär stehende mittlere Drehungsfläche die Netzhaut dicht nach innen von der Eintrittsstelle des Sehnerven trifft, so kann sich die nach außen von ihm liegende Centralfalte der Netzhaut in einer verhältnißmäßig bedeutenden Excursion bei der Rotation betheiligen. Das Auge erhält auf diese Art einen beschränkten Drehapparat, welcher der charakteristischsten Stelle der Netzhaut einen weiten Spielraum gestattet und unabhängig von jeder Veränderung der seitlichen Richtung bis zu einem gewissen Grade zu wirken vermag.

Hält man aber diese freilich noch hypothetische Vorstellung fest, so knüpft sich unmittelbar an sie eine zweite Ansicht über den Nutzen, die Nothwendigkeit und die Anordnung der Obliqui. Neigen wir z. B. den Kopf nach der einen Seite, während das Auge nach keiner Richtung sichtlich verschoben wird, so muß das Bild deutlich gesehener Gegenstände, welches, wie wir in der Folge finden werden, die Gegend der Centralfalte der Netzhaut trifft, schief gestellt oder auf einen anderen Ort der Netzhaut geschoben oder in beiderlei Weise verändert werden. Jeder Umstand der Art würde natürlich die Gesichtsauffassung verändern. Dieser Fehler wird aber, indem ein Obliquus seine entsprechende Radbewegung anregt, verhütet. Das relative frühere Verhältniß kann unmerklich und ohne wesentliche Verrückung des Auges wieder hergestellt werden. Die schiefen Augenmuskeln bildeten hiernach Correctionsapparate, um die Verrückungen, welche der Kopf oder selbst der Körper im Ganzen vornimmt, für das objective Sehen möglichst unfühlbar zu machen.

Daß sich übrigens stärkere Zusammenziehungen eines der Obliqui mit einem Rectus zu complicirten Wirkungen verbinden können, ist wenigstens theoretisch nicht zu bezweifeln. Wenn z. B. die gemeinschaftliche Thätigkeit des Rectus inferior und internus die Pupille nach unten und innen gewendet hat, so nähert sich hierdurch die Anheftungsstelle des obern schiefen Augenmuskels der Trochlea. Der Obliquus superior kann sich daher in entsprechendem Maaße verkürzen und vermag deshalb unter den gegebenen Verhältnissen eine Verstärkung der genannten Pupillenbewegung zu

bedingen. Nach Ruete[1]) würden ferner die Obliqui superiores den verticalen Parallelismus der Trennungslinien oder der senkrechten Meridiane des Auges bei der gemeinschaftlichen Thätigkeit der Recti inferiores und interni erhalten, während die Obliqui inferiores bei der Contraction der Recti interni und superiores dieselbe Function übernähmen. Wird die Sehachse des linken Auges nach unten und links gestellt, so sind dabei zunächst nach Ruete die Recti externus und inferior und der Obliquus superior thätig. Es muß aber dann der Obliquus inferior durch eine kräftige Zusammenziehung entgegenarbeiten, damit die verticale Stellung der Trennungslinien gesichert werde. Am rechten Auge sind dann gleichzeitig Rectus internus und inferior in Wirksamkeit, während der Obliquus superior die Regulirung der Trennungslinie übernimmt. Bei dem Sehen nach oben kehrt sich die Rolle der Obliqui gegenseitig um. Jedenfalls bilden die Letzteren Regulatoren des richtigen und einfachen Sehens.

Klarer sind schon die Ursachen der anatomischen Verschiedenheit des 1011
Obliquus superior und inferior. Der erstere konnte nicht rein muskulös angelegt werden, weil sonst sein Verkürzungsquantum zu klein ausgefallen wäre. Denn sein Ansatz mußte weit nach vorn und dem des Obliquus inferior schief gegenüberliegen. Aus diesem Grunde führt die Natur den Muskel längs der oberen und inneren Seite der Orbita hin und schafft für seine Sehne den so eigenthümlichen Rollapparat der Trochlea, dessen Verhältnisse schon §. 779 dargestellt worden. Bei dem Obliquus inferior erreichte sie den gleichen Zweck durch einfachere Mittel, indem sie den Muskel an dem inneren und unteren Winkel der Augenhöhle entspringen ließ, um die Unterseite des Bulbus herumschlang und dann an der Grenze der äußeren und oberen Fläche desselben auslaufen ließ. Dieses Verhältniß machte die eigenthümliche Einrichtung des Obliquus superior unerläßlich.

Was die Ansätze der Obliqui betrifft, so durchschneidet die senkrechte Ebene, welche durch die Mitte der Anfügungen der beiden Muskeln geht, diejenige, welche das Centrum der Hornhaut und des Sehnerven perpendiculär durchsetzt, unter ungefähr 30° — 40°. Bei dem Bulbus eines erwachsenen Mannes betrug die Entfernung beider Anfügungen der Sehnen der Obliqui 15, der Durchmesser des entsprechenden Kreises dagegen 22 Millimeter. Dieses correspondirt einem Winkel von 85° 58′[2]). Bei einer zweiten Bestimmung kam ich auf 73° 54′. Wir hatten also im Durchschnitt circa 80°.

Ausführliche Verzeichnisse der sehr abweichenden und häufig entgegengesetzten Ansichten über die Thätigkeiten der Obliqui finden sich in N. G. Melchior de myotomia oculi. Hauniae, 1841. 8. p. 41. 42. und Repertorium, Bd. VII. S. 406–11. Forscher, welche wie Bell und Radcliffe Hall, Durchschneidungsversuche an Affen anzustellen Gelegenheit hatten, gelangten zur Ueberzeugung, daß der Obliquus inferior, was die seitliche Richtung betrifft, den Bulbus nach oben und innen wende. Schwankendere Re-

---

[1]) C. G. T. Ruete klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Nach der numerischen Methode bearbeitet. Erstes Jahresheft. Braunschweig, 1843. 8. S. 297. 98.

[2]) Da die Sehne a als die Basis eines gleichschenkeligen Dreieckes von den Seiten des Radius $= \frac{d}{2}$ angesehen werden kann, so haben wir für die Bestimmung des a gegenüber liegenden Winkels y $\log. \sin. \frac{1}{2} y = 10 + \log. \frac{a}{2} - \log. \frac{d}{2}$.

sultate gaben ähnliche Versuche, welche von Duffin und Melchior an anderen Säugethieren vorgenommen wurden, für die Thätigkeiten beider Obliqui zugleich. Die an schielenden Menschen gemachten Operationen haben bis jetzt noch keine sicheren Anhaltpunkte zur Entscheidung dieser Streitfrage geliefert. Manche Arten von Schielen nach innen sollen nach Durchschneidung des Rectus internus verblieben sein, nach der der Sehne des Obliquus superior dagegen aufgehört haben (Dieffenbach[1]), Philipps)[2]). Vielleicht, daß hier das obere und innere Segment des Bulbus besonders hervortrat. Anderseits wird als Erfahrung angeführt, daß in einem Falle der Augapfel nach der Trennung des Rectus externus mit großer Kraft nach innen und vorn sprang und mindestens um 1 Linie stärker hervorragte. Später kehrte dieser Fehler nur bei heftigen Anstrengungen, die Pupille mittelst der Obliqui etwas nach außen zu wenden, hervor (Ruete)[3]).

Die rotatorischen Wirkungen der schiefen Augenmuskeln und ihr Einfluß auf die Verhältnisse der Stellung und Auffassung der Netzhautbilder wurden vorzüglich von Hueck[4]), Burow[5]) hervorgehoben und von Krause[6]) mit Bezug auf die Centralfalte der Netzhaut erläutert. Beobachtet man ein Gefäßchen der Bindehaut oder einen Fleck der Iris an seinem eigenen im Spiegelbilde gesehenen Auge oder an dem eines anderen Menschen, während sich der Kopf nach der Schulter neigt, der Bulbus dagegen möglichst fix gehalten wird, so gewahrt man allerdings im Anfange eine gewisse beschränkte und entsprechende Kreisdrehung des Augapfels ohne seitliche Verrückung desselben. Allein diese wird bald wenigstens bei den meisten Menschen vorherrschend, sei es, daß Mangel an Uebung oder an kreisförmiger Bewegungsaccomodation oder die unwillkührliche Fixation eines anderen Punktes die veranlassende Ursache bildet.

1012 Die Bewegungen der Augenmuskeln bestehen in keinem einfachen seitlichen Zuge, sondern in einer Drehung oder einem Balancement des Bulbus längs gewisser Achsen, welche durch die Ansatz- oder Angriffspunkte der Muskeln bedingt werden. Da nun diese in jedem Falle die gleichen bleiben, so muß es für je zwei Stellen, an welche sich zwei entgegengesetzt wirkende Muskeln, wie z. B. der Rectus externus und internus anfügen, eine Bewegungsaxe geben, in welcher ein constanter Punkt gar keine fortschreitende Ortsveränderung hat, sondern unter allen Verhältnissen unverrückt bleibt. Die übrigen Theile der Achse drehen sich um ihn wie Radien um ein Centrum. Man nannte daher diesen letzteren den Drehpunkt. Indirecte Bestimmungen an Lebenden ergaben, daß er für die horizontalen Verschiebungen des Bulbus ungefähr 12,4, für die senkrechte dagegen 11,5 Millimeter hinter dem vordersten Punkte der Mitte der Hornhaut liegt (Volkmann[7]), Burow[8]) und ich). Ständen die vier geraden Augenmuskeln genau um 90° aus einander, so daß sich die Bewegungsachsen des Rectus superior und inferior, sowie die des Rectus externus und internus,

---

[1]) J. F. Dieffenbach über das Schielen und die Heilung desselben durch die Operation. Berlin, 1842. 8. S. 20. 21.

[2]) Philipps Die Durchschneidung der Sehnen, übersetzt von Kessler. Leipzig, 1842. 8. S. 138.

[3]) C. G. T. Ruete Neue Untersuchungen und Erfahrungen über das Schielen und seine Heilung. Ein Beitrag zur Physiologie des Gesichtssinnes. Göttingen, 1841. 8. S. 14. 15.

[4]) A. Hueck die Achsendrehung des Auges. Dorpat, 1838. 4.

[5]) A. Burow Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1841. 8. S. 5 fgg.

[6]) C. F. Th. Krause Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Aufl. Bd. I. Hannover, 1842. 8. S. 550.

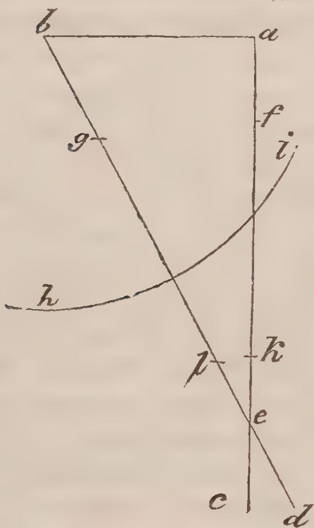
[7]) A. W. Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 33.

[8]) Burow a. a. O. S. 21.

wenn man sich die Ebene ihrer Ansätze vollkommen kreisförmig denkt, gleich wären und einander in ihrem Durchschnittspunkte halbirten, so müßten sie auch in allen Fällen einen gemeinschaftlichen Drehpunkt besitzen. Obgleich dieses Verhältniß einen hohen Grad theoretischer Wahrscheinlichkeit für sich hat, so fehlen doch noch die strengeren Beweise, welche eine solche Annahme mit mathematischer Evidenz zu erhärten im Stande wären. Gerade die etwas ungleiche Vertheilung der Anfügungsstellen der vier Recti zeugt entweder dagegen oder deutet darauf hin, daß hier eine genau berechnete Correction, welche durch die nicht ganz kugelige Form des Bulbus nothwendig wird, Statt findet.

Volkmann, welcher zuerst Bestimmungen der Art versuchte, stützte sich hierbei auf ein später zu besprechendes Theorem, daß nämlich der genannte Drehpunkt mit dem Kreuzungspunkte der Sehstrahlen oder dem Durchschnittspunkte der verschiedenen Linien, welche mannichfache äußere Objecte mit deren Netzhautbildern verbinden, identisch sei. Indem er nun fand, daß dieser Punkt bei den Augen von Albinokaninchen, welche die Spiegelbilder der Netzhaut wegen des Mangels des Choroidalpigmentes von außen am deutlichsten erkennen lassen, der gleiche bleibt, das Auge mochte sich, in welcher Höhenlage es wolle, befinden, schloß er, daß der Kreuzungspunkt der Sehstrahlen und mithin auch der Drehpunkt des Auges für alle vier Recti derselbe sei. Zur Prüfung der gleichen Verhältnisse bei dem Menschen bediente er sich eines eigenen Visirapparates, welcher die horizontale Bewegung zu controlliren sucht und den auch Burow angewandt hat [1]. Er beruht im Ganzen auf folgendem Princip. Gesetzt, a sei ein in der gehörigen Entfernung der Sehweite befindlicher Punkt, z. B. ein Haarvisir, welche durch ein Diopter f so gesehen wird, daß sein Strahl ae durch die Mitte der Hornhaut geht. In b befinde sich ein zweiter ähnlicher Punkt, welcher ebenfalls durch eine im Verlaufe der Linie be angebrachte Diopteröffnung g wahrgenommen werden kann. Betrachte ich nun zuerst den Punkt a durch seinen Diopter f, wende hierauf den Blick nach b und verschiebe be so lange, bis dieser Punkt b ebenfalls durch sein Diopter g wahrgenommen wird, so muß sich offenbar das Auge bei dieser Bewegung um den Scheitelpunkt e des Dreieckes abe gedreht haben. Ist nun an dem Stabe, der von b ausgeht und das Diopter g trägt, ein mit einer Gradeintheilung und einem Nonius versehener Kreisbogen hi, dessen Mittelpunkt in b fällt, angebracht, so kann der Winkel abe unmittelbar abgelesen werden. Nun sind wir im Stande, ab nach Willkühr zu bestimmen und bae = 90° zu machen. Unter diesen Verhältnissen ist ae = ab tang. abe und be = ab cos. abe. Mißt nun ein Gehülfe während des Visirens des Punktes a die Entfernung des Centrum der Hornhaut k von a oder dieselbe Distanz lb, wenn b fixirt wird, so bilden natürlich ke = ae — ak oder le = be — bl den Abstand des Drehpunktes des Auges von der Vorderfläche der Mitte der Hornhaut.

Fig. 96.



Volkmann erhielt bei 6 erwachsenen Männern als Maximum der Distanz des horizontalen Drehpunktes von dem Centrum der Cornea 6,264 pariser Linien, als Minimum 5''',064 und im Mittel 5''',46. Eine Frau ergab 6''',264 und ein 14jähriges Mädchen 5''',664. Im Durchschnitt aus allen Bestimmungen resultirten 5''',592 (= 12,61 Millim.), Burow kam auf 5''',42 (= 12,22 Millim.).

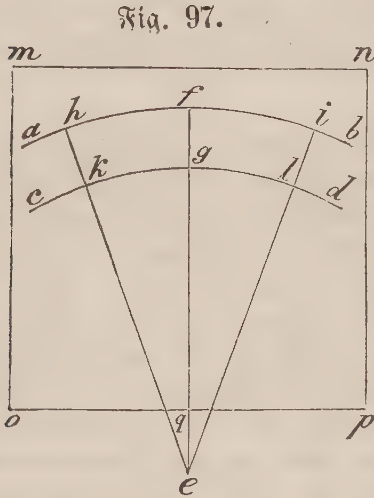
Die genaue Winkelmessung an dem oben erwähnten Apparate dürfte aber bisweilen bei der nothwendigen Unvollkommenheit und Kleinheit des Gradbogens Schwierigkeiten verursachen. Sie erhöhen sich noch wegen der Bestimmung des Abstandes der keine

[1]) Eine Abbildung desselben findet sich bei Volkmann a. a. O. Tab II. Fig. 5. und bei Burow a. a. O. Tab. I. Fig. 1.

Berührung irgend einer Art vertragenden Hornhaut von dem fixirten Visirgegenstande. Es können hierbei wahrscheinlich kaum je Resultate, die auf mathematische Schärfe Anspruch zu machen das Recht haben, erhalten werden. Ueberdies controllirt jenes Instrument nur die horizontalen, nicht aber die übrigen Drehungen des Augapfels. Aus diesen Gründen dürfte vielleicht eine andere Vorrichtung, welche Volkmann [1]) selbst zu allgemeinen Anschauungen und Mile [2]) zu anderen Beobachtungen zum Theil gebraucht hat, eine größere Schärfe versprechen und vielseitigere Beobachtungen gestatten.

Man beschreibt zu diesem Zwecke auf einer ganz ebenen Platte von Holz zwei concentrische Kreisbogen ab und cd, deren Radien ef = r und eg = r′ genau gemessen sind. Nun nimmt man diesen mittleren Halbmesser ef und eg als Ausgangspunkt, bestimmt zu beiden Seiten desselben die gleichen Bogentheile hf und fi oder kg und gl und zieht die Radien hke und ile. Man verfertigt sich alsdann vier entsprechende kleine quadratische und mit congruenten Oeffnungen versehene Rahmen. Jeder von ihnen erhält ein Fadenkreuz, dessen Durchschnittspunkt in die Mitte des Quadrates fällt. Sie werden dem Kreisbogen entsprechend so aufgestellt, daß die Kreuzungspunkte über k, h, g, f, l und i fallen und die horizontalen und senkrechten Linien einander decken, wenn k und h in der Richtung ekh, g und f in der von egf und l und i und der von eli visirt werden. Zugleich muß der Radius eg = ek = el nahebei die Größe der gewöhnlichen mittleren Sehweite haben oder circa 6—12 Zoll lang sein. gf = ka = li kann ungefähr 1—3 Zoll betragen. Wollte man aber das Instrument für sehr kurz- oder weitsichtige Augen einrichten, so müßte man mehrere concentrische Kreise ziehen und die Quadrate auf den Radien he, fi und ie beweglich und einstellbar machen. Nun schneidet man das Brett eine Strecke weit vor e quer ab, so daß es nur den Umfang von mnpo besitzt. Der Grund hiervon erhellt aus den Principien des Instrumentes. Wird nämlich das Fadenkreuz in g in der Linie egf visirt, so wird es das in f vollständig decken. Das Gleiche muß mit dem in k und dem in h für ekh und mit dem in l und dem in i für eli der Fall sein. Befindet sich der Drehpunkt unseres Auges außerhalb des Mittelpunktes e, so können wir es zwar so richten, daß das von g und f gänzlich auf einander fallen. Allein bei jeder seitlichen Drehung desselben werden k und h und anderseits l und i als doppelte Bilder erscheinen. Beschreibt dagegen unser Bulbus einen mit ab und cd concentrischen Bogen, d. h. fällt der in seinem Innern liegende Drehpunkt mit dem Mittelpunkte e zusammen, so wird nicht bloß das Kreuz g bei der Einstellung das von f, sondern auch bei der Drehung nach beiden Seiten k, h und l, i decken. Damit aber diese Bedingung realisirt werde, ist es nothwendig, daß der hinterste Theil des Brettes wegfalle. Um jede Schwankung des Kopfes zu verhüten, wird dann eine seitliche Vorrichtung, an welche sich derselbe stützen kann, angebracht. Haben wir Alles genau eingestellt und die dreifache Deckung der Bilder bei den entsprechenden Bewegungen des Augapfels gefunden, so ist für diesen Fall die Entfernung des Drehpunktes von f = r und die von g = r′.

Fig. 97.



Um nun die Distanz der Hornhaut von diesen Orten zu bestimmen, fixirt der Beobachter, wenn er sein Auge genau eingestellt hat, das Bild g und sieht daher gerade in der Mitte vor sich hin. Ein Gehilfe betrachtet alsdann das Seitenprofil der Cornea mittelst eines Fernrohres, welches mit einem Fadenkreuze versehen ist, und stellt alles so ein, daß das Centrum der Hornhaut mit der Kreuzungsstelle zusammenfällt. Der Experimentator entfernt sich hierauf von dem Apparate und richtet eine auf einem beweglichen Stativ befindliche Nadelspitze so lange, bis sie wieder in den Kreuzungspunkt des Fadens des Fernrohres fällt. Bestimmt man nun die Entfernung dieser Spitze von g

---

[1]) a. a. O. S. 35. 36.

[2]) Siehe Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XIV. Leipzig, 1838. 8. S. 217.

= d und die von f = d', so hat man für die Distanz des Kreuzungspunktes von der Hornhaut r — d = r' — d'.

Der Bequemlichkeit wegen kann man die letztere Messung noch folgendermaßen vereinfachen und verschärfen. Man bringt an den Rand op des Brettes mnop einen Maaßstab an, der nach den Seiten oder nach unten umgelegt zu werden vermag. Er wird so gerichtet, daß er in die Verlängerung der Linie fgq fällt und zeigt daher zugleich den Ort des Centrum e an. Man braucht dann nur zu sehen, welchen Punkt r die Kreuzung der Fäden des Fernrohres deckt und ist im Stande, die gewünschte Distanz qe in Maaßäquivalenten unmittelbar und sehr genau abzulesen.

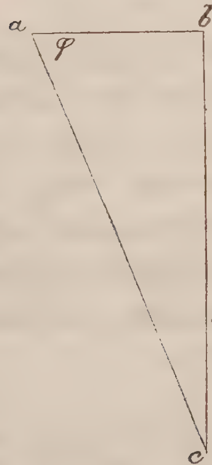
Dieses Instrument müßte, wie ich glaube, außer seiner Schärfe und der Möglichkeit der directen Beobachtung noch den Vortheil gewähren, daß man durch horizontale Aufstellung desselben die wagerechte, durch senkrechte dagegen die perpendiculäre Drehung des Bulbus controlliren und auf diese Art bestimmen könnte, ob beiderlei Drehpunkte wahrhaft zusammenfallen oder nicht. Ich hatte bis jetzt keine Zeit, den Apparat mit den hinreichend genauen Fadenkreuzen zu verfertigen, errichtete aber provisorisch einen solchen, bei welchem diese durch sehr dünne, genau senkrecht und in der Richtung der Radien aufgestellte Nadeln ersetzt wurden und überzeugte mich von der Richtigkeit des Ganzen. Sowohl Gerber, als ich und Andere nahmen die Deckung der cylindrischen Theile der gehörig eingestellten Nadeln bei allen Drehungen des Auges wahr. Stehen sämmtliche Apparate auf Steinplatten fest und wird der Kopf selbst so stark angelehnt, daß er nicht im Geringsten schwankt, so erhält man schon mittelst dieses verhältnißmäßig rohen Apparates befriedigende Resultate. So z. B. ergaben sich folgende Werthe für die horizontale Bewegung meines linken Auges in 10 unabhängigen Beobachtungen und Messungen:

Entfernung des Drehpunktes der horizontalen Bewegung vor dem Centrum der Vorderfläche der Hornhaut in

Millimetern			Pariser Linien		
Maximum.	Minimum.	Medium.	Maximum.	Minimum.	Medium.
12,8	12,0	12,41	5,674	5,320	5,501

Wir haben also hier trotz der Unvollkommenheit der Vorrichtung einen Maximalunterschied von 0,354 oder etwas mehr als ⅓ Linie. Bei dem Volkmann'schen Apparate liegen die möglichen Beobachtungsirrthümer in der Winkelmessung und der Bestimmung der Distanz der Hornhaut von dem Gegenstande. Die erstere, welche bei gehöriger Genauigkeit des Gradbogens und des Nonius desselben die kleineren Abweichungen verursacht, giebt als Minimum 3 Minuten an [1]). Nehmen wir z. B., abc sei das hiernach zu berechnende Dreieck. ab ist an dem Volkmann'schen Instrumente = 1 Zoll = 12 Linien. Abstrahiren wir von der Verschiedenheit der Augen, die auf diese Rechnung nur von untergeordnetem Einflusse sein kann, so haben wir bc = 6 Zoll = 72 Linien. Da nun der Winkel abc = 90°, so erhalten wir $\tan \varphi = 6$ und mithin $\varphi = 80^\circ\, 32'\, 16''$. Gesetzt, der Winkel würde zu 80° 35', was, wie man sieht, durch die genaueste Messung am Apparate noch nicht bestimmt werden kann, so erhalten wir $bc = 12 \tan 80^\circ\, 35' = 72{,}356$ pariser Linien. Der durch die Winkelbestimmung allein an dem Volkmann'schen Instrumente bei der größten Sorgfalt mögliche Irrthum, welcher natürlich durch die Hornhautmessung noch bedeutend erhöht werden kann, gleicht daher schon den Fehlerquellen, welche bei der rohen Construction des obigen Apparates auftreten.

Fig. 98.



[1]) Volkmann a. a. O. S. 32.

Für die perpendiculäre Bewegung zeigte sich in zwei Reihen, von denen jede 10 Beobachtungen umfaßte:

Entfernung des Drehpunktes der senkrechten Bewegung von dem Centrum der Vorderfläche der Hornhaut in

Millimetern.			Pariser Linien.		
Maximum.	Minimum.	Medium.	Maximum.	Minimum.	Medium.
12,0	11,0	11,46	5,320	4,876	5,080

Aus diesen Erfahrungen erhellt so viel, daß der Drehpunkt des Auges für die senkrechte Bewegung mit dem für die wagerechte sehr nahe zusammentrifft. Ob sie jedoch wahrhaft identisch sind, läßt sich noch nicht mit aller Bestimmtheit entscheiden. Die obigen Zahlenresultate würden darauf hindeuten, daß der perpendiculäre Drehpunkt um etwas weniger als 1 Millimeter, oder um weniger als eine halbe Linie (0,95 Millim. = 0,421 pariser Linie) weiter nach vorn wie der horizontale liege. Allein so wahrscheinlich auch dadurch das allgemeine Resultat wird, so kann ich auf diese einzelnen Zahlen selbst keinen Werth legen oder sie als Basis fernerer Rechnungen betrachten, weil der Unterschied zwischen dem Maximum und dem Minimum der senkrechten Bewegung fast eben so viel als die mittlere Distanz der beiden Drehpunkte beträgt. Eine geringe Verschiedenheit der letzteren scheint deshalb nichts Widersprechendes zu haben, weil der Augapfel keine Kugel, sondern ein Sphäroid ist. Das schwache Vorrücken des senkrechten Drehpunktes würde dann darauf hinweisen, daß der perpendiculäre Kreisdurchschnitt einen kleineren Radius als der transversale besitzt; was allerdings den später anzuführenden Messungen von Krause zu entsprechen scheint.

Nehmen wir nun an, daß die mittlere Achse der menschlichen Linse 5,17 Millimeter [1]) = 2,29 par. Linien) und ihre Distanz von dem Centrum der Vorderfläche der Hornhaut 2,64 Millim. (= 1''',17) beträgt, so würde der horizontale Drehpunkt 4,6 Millim. (= 2''',04), der senkrechte dagegen 3,65 Millim. (= 1''',62) hinter dem hinteren Endpunkte der Linsenaxe fallen. Schlagen wir den Längendurchmesser des Glaskörpers zu 13,4 Millim. (= 5''',94) an, so würden die Drehpunkte der geraden Augenmuskeln in die hintere Gegend des vordersten Dritttheiles des Corpus vitreum zu versetzen sein.

Die mittlere äußere Achse des Auges beträgt durchschnittlich 10''',55, der horizontale Durchmesser 10''',9, der größte Querdurchmesser 11''',025 und der senkrechte äußere Diameter 10''',45. Hiernach erhalten wir einen mittleren Durchmesser von 10''',731 und daher einen durchschnittlichen Radius = 5''',365. Nun hatten wir für die Entfernung des senkrechten Drehpunktes 5''',080 und für die des horizontalen 5''',501, folglich im Mittel 5''',29, d. h. der centrale Drehpunkt des Bulbus fällt wahrscheinlich genau mit dem idealen Mittelpunkte desselben zusammen. Wir werden daher auch diesen letzteren Werth später folgenden Rechnungen zum Grunde legen.

1013 Indem die seitlichen Augen der Säugethiere bei dem Menschen nach vorn rücken, bleiben natürlich die obere und die untere Hälfte des Bulbus ihrer Lage nach unverändert. Dagegen werden die vorderen Hälften zu inneren und die hinteren zu äußeren. Denken wir uns nun, daß die Convergenz so weit zunähme, daß die Augäpfel einander vollkommen decken, so würden beide Recti superiores oder inferiores auf einander fallen. Der eine Rectus internus aber käme auf den anderen Rectus externus

[1]) Diese und die nachfolgenden Bestimmungen habe ich als Wahrscheinlichkeitswerthe aus den Zusammenstellungen und Messungen von G. R. Treviranus (Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. Fol. S. 22. 23.) und Krause (Meckel's Archiv. Bd. I. Leipzig, 1832. 8. S. 115) combinirt.

und umgekehrt. Ebenso würden die beiden Obliqui superiores und inferiores mit ihren Ansatzpunkten auf symmetrische, aber seitlich entgegengesetzte Stellen stoßen; die unteren schiefen Augenmuskeln müßten einander ihrem Verlaufe gemäß eine Strecke weit in inversen Richtungen decken. Sollen sich nun unter diesen Verhältnissen unsere beiden Augen harmonisch nach einer Seite hin bewegen, so ist dieses nicht anders möglich, als daß dabei eine gewisse Asymmetrie der wirkenden Muskeln hervortritt. Die Recti superiores oder inferiores können gleichzeitig die Bulbi heben oder senken. Wollen wir aber unsern Blick z. B. nach links richten, so muß sich das linke Auge nach außen, das rechte nach innen wenden. In jenem wird sich dann der Rectus externus zusammenziehen und der Rectus internus verhältnißmäßig erschlaffen. Dieser abweichende Charakter der Muskelpaare, welche die verschiedenen Augenhälften beherrschen, giebt sich auch bei den Combinationen derselben zu erkennen. Wenden wir z. B. den linken Augapfel nach oben und außen, so geht der rechte nach oben und innen, weil die beiden Recti superiores harmonisch und symmetrisch, Rectus externus und internus dagegen harmonisch und asymmetrisch wirken.

Die unmittelbare Erfahrung lehrt uns, daß wir in manchen Fällen 1014
die harmonische Stellung unserer Augäpfel theils willkürlich, theils unwillkürlich aufzugeben im Stande sind. Einzelne Verrückungen der Art sind jedem gesunden Menschen möglich und bei gewissen Verhältnissen des Sehens sogar natürlich, während dagegen andere außerhalb des Bereiches seiner Kräfte liegen. Das in dieser Beziehung leitende Grundgesetz besteht darin, daß sich noch die beiden Recti interni gleichzeitig zusammenziehen können, während dieses bei den beiden Rectis externis nicht angeht. Wir können daher unsere Bulbi in demselben Augenblicke nach innen, nach innen und oben oder innen und unten richten, sind aber außer Stande, sie gleichzeitig nach außen, außen und oben oder außen und unten zu bringen. Das erstere erfolgt z. B. immer, wenn wir einen Gegenstand, der vorzüglich von kleinerem Umfange ist und näher als unsere gewöhnliche mittlere Sehweite liegt, genau betrachten. Wir schielen daher mit beiden Augen nach innen, wenn wir kleine Schrift lesen oder feinere Handarbeiten verrichten.

Obwohl uns die Fähigkeit mangelt, im wachen Zustande beide Aug- 1015
äpfel zu gleicher Zeit nach außen und oben zu führen, so scheint doch unter anderen Verhältnissen die Möglichkeit einer solchen Stellungsweise wenigstens bei vielen Menschen gegeben zu sein. Im Momente des Einschlafens haben die Augen die Neigung, sich nach oben und zwar nach oben und innen zu richten. Weckt man dagegen einen Menschen, welcher schläft, so geschickt, daß man noch im ersten Augenblicke die Stellung seiner Bulbi beobachten kann, so sieht man nicht selten, daß diese bei seitlicher Lage harmonisch, bei der Rückenlage dagegen gerade und fast parallel nach oben und zwar ein wenig nach außen stehen. Diese abweichende Richtung pflegt sich jedoch nicht so weit zu erstrecken, daß die Augäpfel eine möglichst starke Verrückung nach oben darbieten. Noch deutlicher, als bei Gesunden, läßt sich dieses an Blinden, die an großen Staphylomen

leiden, deren Hornhaut bauchig hervorragt und sich daher auch bei geschlossenen Augenlidern wahrnehmen läßt, beobachten (Tourtual)[1].

1016 Diese eigenthümlichen Erscheinungen der inneren und äußeren geraden Augenmuskeln sind keine bloßen Folgen unseres Instinctes, nach denen wir die Bewegung auf eine unserem Sehen entsprechende Art einrichten. Denn erblindete Augen verlassen jene eigenthümlichen gegenseitigen Bewegungsrichtungen, wenn keine anderen später zu erwähnenden Nebenmomente eintreten, auf keine wesentliche Weise. Da sie überdies das zarte Kind fast von dem Anfange seines Lebens darbietet, mithin viel früher zeigt, als es irgend wie die Entfernungen gehörig zu beurtheilen vermag, so kann dieses Phänomen in keiner Angewöhnung, die uns allmälig zum Gesetze geworden, liegen. Eben so wenig vermag sie durch eine Ungleichheit der Größe der wirkenden Muskeln hervorgerufen zu werden. Denn an einem jeden einzelnen Auge kann die Thätigkeit des Rectus externus eben so leicht über die des Rectus internus, als das Umgekehrte vorherrschen. Es bleibt uns daher nur übrig, den Grund der Erscheinung in dem Nervensysteme zu suchen. Es wird sich in der Physiologie des letzteren ergeben, daß zwar noch keine definitiven Einzelbeweise in dieser Hinsicht vorliegen, daß aber wenigstens allerdings mancherlei Andeutungen zu hypothetischen Ansichten in Betreff dieses Punktes gegeben sind.

Während die Augenmuskeln im Normalzustande eine gleichförmige Thätigkeit zeigen, können sie durch Krankheitsverhältnisse, welche sie selbst oder ihre Nachbartheile treffen, ihrer regelrechten Norm entrückt werden. Leidet z. B. ein Mensch an Lähmung des Levator palpebrae superioris einer Seite, so daß das entsprechende Augenlid vorhangartig über den einen Bulbus herabhängt, so bewegt sich der Augapfel meistentheils der Höhe nach harmonisch mit dem Anderen. Jener wird daher, wenn der Mensch nicht gerade nach unten sieht, von dem herabhängenden Augenlide mehr oder minder bedeckt, so daß oft die Pupille gar nicht frei wird und die Person sich mit dem anderen gesunden Auge bei dem Sehen behilft. Hat dagegen dieses Leiden beide Augen befallen, oder ist die Augenlidspalte wegen Verwachsung der Augenwinkel zu eng, so erhalten die Bulbi eine Neigung nach unten zu stehen, so daß die Recti inferiores ein Uebergewicht über die superiores behaupten, um das Sehloch der schmalen Augenlidspalte gegenüberzustellen. Zugleich hilft dann eine habituelle Rückwärtsbiegung des Kopfes nach, um den Ueberblick zu erleichtern und zu vergrößern.

Bei dem gesunden Sehen behaupten die Augenmuskeln ihre einmal angenommene Stellung so lange, bis der Wille über sie von Neuem anders befiehlt. Selbst bei Blinden behalten sie diese temporäre Fixation bei, wenn auch keine Spur einer Gesichtsempfindung mehr vorhanden ist. Ihre Harmonie der Bewegung dauert dann noch fort, es sei denn, daß sie durch eine der später zu erwähnenden krankhaften Ursachen gestört worden. Dagegen stoßen wir auf einzelne pathologische Zustände, bei welchen diese Ruhe des Augapfels verloren geht und derselbe wie von entgegengesetzten, bald siegenden, bald überwundenen Kräften in fortwährenden Schwankungen erhalten wird. Dieses Verhältniß tritt zunächst bei vielen Veranlassungen dann ein, wenn eben die Sicherheit der Auffassung verloren gegangen, wie z. B. bei dem Bemühen, Gegenstände, welche von der mittleren Sehweite sehr weit nach der einen oder der anderen Seite hin abstehen, zu fixiren, bei großer geistiger Verlegenheit u. dgl. In noch höherem Grade kommt

---

[1]) Ammon's Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie. Bd. I. Dresden und Leipzig, 1838. 8. S. 238. De Functionibus Nervorum cerebralium et N. sympathici libri IV. Bernae et Sangalli, 1839. 4. p. 107. Melchior de strabismo. p. 28. und Ruete a. a. O. S. 52.

es bei lichtscheuen Augen, welche von einer hellen Beleuchtung plötzlich betroffen werden, z. B. bei Leuten, die lange im Finstern gesessen, solchen, welche kurz vorher eine bedeutendere Augenoperation überstanden, bei Kindern mit skrophulösen Augenentzündungen u. dgl. vor. Eine solche Störung des Gleichgewichts erlangt dann bei dem krankhaften, fortwährenden Augapfelrollen (Nystagmus) einzelner Halbblinder oder gänzlich Erblindeter, Geisteskranker u. dgl. das Maximum seiner Wirkung.

Das Schielen beruht auf einer anhaltenden Disharmonie der Stellungen und Bewegungen beider Augäpfel. Es entsteht entweder dadurch, daß der eine Bulbus relativ oder absolut fix bleibt, während sich der andere lebhaft bewegt, oder daß die ursprüngliche gegenseitige Stellung beider Augäpfel eine disharmonische ist und sich auch auf die meisten Ortsveränderungen derselben überträgt. Der erstere Fall bildet das fixe Schielen (Luscitas), der zweite das bewegliche (Strabismus). Bei jenem steht meistentheils nur ein Bulbus ganz oder fast gänzlich fest. Dann muß natürlich der krankhafte Zustand in allen Fällen, in welchen nicht das gesunde Auge genau die gleiche Stellung einnimmt, auffallen. Oder der Bulbus kann sich nur in einem aliquoten Theile seines Bogens bewegen, bleibt aber dann fixirt, während der gesunde Augapfel seinen vollständigen Kreisabschnitt durchläuft. Hier wird der Fehler bloß bei einzelnen Augenbewegungen zum Vorschein kommen. Wenn sich z. B. das linke Auge nur von innen bis zur Mitte, nicht aber bis nach außen in horizontaler Richtung zu wenden vermag, so wird der Mensch noch ganz gut nach rechts hinaus sehen oder selbst lesen können, ohne daß seine Infirmität auffällt. Jeder Versuch dagegen, den Blick weit nach außen und links zu wenden, muß dieselbe sogleich offenbaren. Fälle, in welchen beide Augäpfel zugleich in dieser Weise absolut oder relativ befestigt sind, gehören zu den Seltenheiten.

Dieses feststehende Schielen hat meist in organischen Fehlern der Augenmuskeln, wie zu großer Kürze, Substanzverlust, Verwachsungen eines oder mehrerer derselben u. dgl., seine Ursache. Ob es auch durch eine permanente krampfhafte Verkürzung von ihnen zu Stande kommen könne, verdient noch eine genauere Untersuchung.

Das bewegliche Schielen kann durch jeden der sechs Augenmuskeln verursacht werden. Das Uebergewicht der Thätigkeit des Rectus internus über die des Rectus externus erzeugt eine Deviation nach innen, der umgekehrte Fall dagegen eine solche nach außen. Eine größere Kraftäußerung des Rectus superior bedingt ein Schielen nach oben, die des Rectus inferior ein solches nach unten. Auf gleiche Art kann sich der Fehler in einzelnen Diagonalrichtungen, z. B. nach oben und außen, unten und innen u. dgl. bewegen. Unter allen Mängeln der Art sind diejenigen, in welchen der Rectus externus oder internus allein oder in Verbindung mit dem oberen oder unteren afficirt erscheinen, bei weitem häufiger, als diejenigen Abweichungen, welche aus dem einseitigen Leiden des Rectus superior oder inferior hervorgehen. Von den heilbareren Formen des Schielens, d. h. denen, welche keine Begleiter organischer tieferer Störungen oder Lähmungen der Netzhaut sind, erhält das nach innen bei weitem die Majorität.

Die Folgen der genannten Disharmonie der geraden Augenmuskeln fallen jedem nur irgend geübten Blicke sogleich auf. Anders dagegen muß sich dieses bei der ungleichartigen Thätigkeit der beiden Obliqui, wenn ihre Function in der schon oben erörterten Drehung besteht, verhalten. Denken wir uns z. B., daß der Obliquus superior über den O. inferior ein anhaltendes Uebergewicht gewinnt, so wird der Bulbus dergestalt verdreht werden, daß der obere und innere Quadrant der Hornhaut weiter nach unten tritt und nicht mehr dem gleichen Theile des anderen Auges entspricht. Ein solcher Fehler kann aber äußerlich nicht wahrgenommen werden, es sei denn, daß man vor der Entstehung des Leidens einzelne Merkzeichen, wie eine verzogene Pupille, stärkere Gefäßstämme der Bindehaut der Sklerotica beobachtet habe und diese nun verschoben findet. Da aber die Sehaxe auf diese Weise verrückt wird, so entstehen dann wenigstens nach den Angaben einzelner Forscher (Hueck, Ruete) [1]) Doppelbilder, von denen das eine gerade, das andere dagegen schief geneigt erscheint.

Die abweichende Stellung, welche das Schielen bedingt, kann natürlich entweder nur ein Auge oder beide Bulbi umfassen. Jenes giebt den Strabismus simplex, dieses den Strabismus duplex. In dem letzteren Falle können die disharmonischen Stellungen einander gerade oder umgekehrt entsprechen oder auch unter einander ungleich ausfallen.

---

[1]) Ruete a. a. O. S. 50—52.

Beiderlei Fehler kommen entweder nur unter gewissen Verhältnissen oder in allen Fällen zum Vorschein. Wenn z. B. ein Mensch besonders auf einem Auge sehr kurzsichtig ist, so gewöhnt er sich, dasselbe vorzugsweise bei dem Lesen kleinerer Schrift, der Verfertigung feinerer Handarbeiten u. dgl. zu gebrauchen, weil er dann die Gegenstände sehr scharf und deutlich sieht. Er abstrahirt daher von seinem zweiten Auge gänzlich, und dieses erhält auf solche Weise die Neigung, sich träger oder überhaupt disharmonisch mit dem anderen Bulbus zu bewegen. Ein ähnliches Verhältniß tritt bei dem doppelten Strabismus ein, wenn das eine Auge sehr kurzsichtig, das andere sehr fernsichtig ist. Auch hier schielt dann der Mensch mit demjenigen Augapfel, welcher nicht der Distanz entspricht, d. h. also bei dem Sehen in die Ferne mit dem kurzsichtigen, bei dem in die Nähe mit dem weitsichtigen. Sind beide Augenachsen gleichförmig nach innen verrückt, so kann diese Abnormität dergestalt angeordnet sein, daß wir selbst bei dem Nahesehen mit beiden Augen eine ähnliche Stellung unserer Bulbi annehmen und daher unser momentanes Schielen mit jenem habituellen zusammenfällt. Convergiren aber bei solchen Kranken beide Augenachsen, so daß der Durchschnittspunkt derselben weiter hinausfällt, so können solche Individuen die Bulbi noch mehr nach innen wälzen, um nahe Punkte bei regelrechter innerer Stellung beider Augäpfel zu sehen. Allein ihre Muskeln haben nicht die gehörige Kraft, diesen Punkt zu behaupten und kehren leicht in die habituelle abnorme Richtung zurück. Bisweilen kann sich auch das Schielen auf beide Augen abwechselnd vertheilen. Endlich steht noch dieser Fehler unter Befehlen des Geistes, welche gewissermaßen an ähnliche Verhältnisse des Stotterns erinnern (§. 971) und nur hier in der Regel minder scharf ausgesprochen sind. Manche Menschen gewöhnen sich nämlich das Schielen aus Unart oder Nachahmung an. Andere schielen nur, wenn sie befangen, in Verlegenheit sind oder an nichts denkend vor sich hinstarren. Einzelne Kranke können ihre Augenstellung durch den Einfluß der Aufmerksamkeit und die Kraft des Willens verbessern, verfallen aber sogleich in ihren Fehler, so wie ihr Geist mit anderen Dingen beschäftigt ist.

Bei dem stabileren Schielen können sich ebenfalls die Einzelverhältnisse auf eine sehr verschiedenartige Weise gestalten. Nehmen wir z. B. an, daß der sonst kräftige Rectus internus des linken Auges aus irgend einem Grunde die anhaltende Neigung habe, stärker als der Rectus externus zusammengezogen zu bleiben, so wird dieser Augapfel in jedem Falle weiter nach innen als der rechte stehen. Diese Dissonanz muß in allen Bewegungen bei dem Nahe- und Fernsehen, bei den verschiedenen seitlichen Wendungen des Blickes wiederkehren. Man nannte diese Art des Schielens, indem man sich gleichsam den kranken Bulbus als einen unpassenden Begleiter des gesunden vorstellte, Strabismus concomitans. Dieser Fehler braucht keineswegs, wie angenommen worden, nur bei dem Schielen mit einem Auge einzutreten, sondern kann sich auch bei dem Strabismus duplex wiederholen. Eben so wenig muß immer die Disharmonie die gleiche bleiben, sondern es kann auch die relative Lage der beiden Augäpfel bei den mannichfachen Wendungen des Blickes variiren, so daß der verhältnißmäßige Unterschied bei genauer Beobachtung auffällt.

Indem wir auf die optischen Gründe und Folgen des Schielens bei der Betrachtung der Optik des Auges mehrfach zurückkommen werden, können uns für jetzt nur diejenigen Ursachen und Heilmethoden dieser Infirmität, welche keine solche Beziehungen darbieten, vorläufig interessiren. Hierher gehören vor Allem organische Fehler der Augenmuskeln oder ihrer Nachbartheile und eine unrichtige Innervation der ersteren. Ein Mangel des Rectus externus und internus und des Obliquus inferior, wie ihn Wrisberg beobachtete, gehört gewiß zu den größten Seltenheiten. Eher wäre es denkbar, daß ein Vorherrschen der Muskelsubstanz des einen, z. B. des Rectus externus ein Schielen nach außen bedingte, obgleich hier das Urtheil in Einzelfällen schon sehr schwierig und schwankend sein muß und die Erscheinung eben so gut Folge als Ursache sein kann (Ruete) [1]. Desto häufiger dagegen geben Krankheiten der Augenhöhle, Geschwülste, welche in ihnen vorhanden sind, Verkürzungen der Bindehaut, Affectionen der Augenlider, schiefe Stellungen der Cilien, Flecke der Hornhaut und der anderen durchsichtigen Medien des Auges u. dgl. zu schiefen Richtungen der Bulbi Veranlassung. Das Schielen bleibt dann noch sehr oft das Leben hindurch, wenn selbst jene Leiden in früher Jugend auf chirurgischem Wege entfernt worden, sei es, daß tiefere organische Miß-

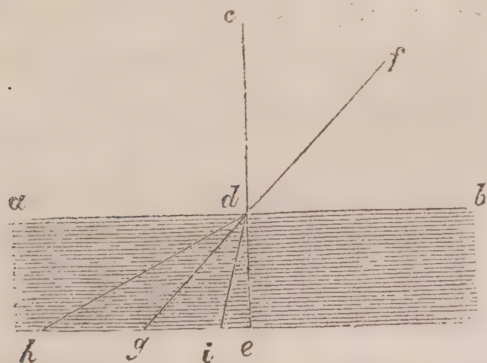
[1]) Ruete a. a. O. S. 53.

verhältnisse fortdauern oder daß die Gewohnheit den Fehler zur zweiten Natur gemacht hat. Eben so werden Entzündungen, Substanzverlust, Verwachsungen und krankhafte Anheftungen der Augenmuskeln Schielen veranlassen. Endlich können auch Störungen in dem Gleichgewichte der Zusammenziehung, welche in den Einflüssen des Nervensystemes und zwar in materiellen oder geistigen Verhältnissen ihre Ursache haben, oder Lähmungen der Augenmuskeln zu demselben Resultate führen.

Diejenigen Arten von Schielen, welche die bloßen Folgen optischer Krankheitszustände oder krankhafter variabler Einwirkungen des Nervensystemes bilden, können natürlich durch keine operativen Eingriffe sicher beseitigt werden. Dagegen bilden zunächst alle Fälle, in welchen organische Fehler der Augenmuskeln, der Bindehaut, der Hornhaut u. dgl. das Leiden ursprünglich bedingen, den Vorwurf der Akiurgie. Während wir durch Entfernung der Abnormitäten der Conjunctiva, der Geschwülste und Ablagerungen die erste Ursache zu heben suchen, können wir mittelst der Durchschneidung der Muskeln bei organischen Veränderungen der letzteren wesentlich eingreifen. Indem sich die Muskelmasse von Neuem nicht wiedererzeugt, sondern durch Narbenbildung heilt, kann möglicher Weise die Anheftung des Muskels auf passendere Art verändert oder eine krankhafte Verkürzung oder Verlängerung desselben auf diesem Wege corrigirt werden. Eine Wiederholung der Operation vermag nach und nach das Ziel, welches noch nicht durch einen einmaligen Eingriff erlangt worden, zu erreichen. Allein schon bei diesen günstigen Combinationen tritt der nothwendige Uebelstand ein, daß das Auge ein mobiles Organ ist, welches nicht in gewissen gewünschten Lagen fixirt zu werden vermag. Hat man z. B. den Rectus internus bei dem Schielen nach innen durchschnitten, so kann der Bulbus nach Verschiedenheit der Individuen bald unverändert bleiben, bald die normale Lage annehmen oder sogar nach außen springen. Wenn der Rectus externus durch die Dauer des Uebels die Gewohnheit, zu lang zu bleiben, angenommen, so gewinnt er erst allmälig seine gehörige Kraft wieder, und das Auge z. B., welches sogleich nach der Operation gerade oder gar noch mehr nach innen stand, wird erst in dem Verlaufe einiger Tage oder Wochen nach außen gezogen. Dazu kommt noch, daß der Fehler des Schielens, wenn er lange gedauert und zur zweiten Natur geworden, auch unter richtigeren anatomischen Verhältnissen der Augenmuskeln mittelst einer abweichenden Innervation wiederkehrt, oder daß ein Kranker, der auf einem Auge glücklich operirt worden, nun mit seinem zweiten, früher gesunden zu schielen beginnt. Diese Umstände erklären es, weshalb sehr viele Leidende der Art, welche der Arzt scheinbar geheilt entlassen, nach Wochen oder Jahren eine neue Infirmität ihrer Augenstellung darbieten. Bei Schielenden, deren Abnormität durch eine unrichtige Leitung der Bewegungsnerven der Augenmuskeln bedingt worden, muß die Operation noch zweideutiger ausfallen und in vielen Fällen, wie bei dem optischen Schielen, geradezu verboten sein. Daß aber Unsicherheiten des Blickes und Fehler des Sehens, welche die bloßen Folgen des Muskelleidens des Schielens sind, durch die Operation weichen, versteht sich von selbst.

Allgemeine Dioptrik des Auges. — Jeder Lichtstrahl verfolgt, 1017
so lange er in demselben völlig gleichartigen Medium bleibt, seinen geradlinigten unveränderten Weg. Dieses findet auch bei dem Uebergange aus dem leeren Raume in einen durchsichtigen Körper oder bei dem aus einem Medium in das andere Statt, wenn nur die Richtung seiner Bahn mit der Begrenzungsebene des neuen Körpers genau einen rechten Winkel bildet. Fehlt aber diese letztere Bedingung, so wird der Gang des Strahles geändert oder abgelenkt. Er wird auf diese Weise gebrochen.

Fig. 99.

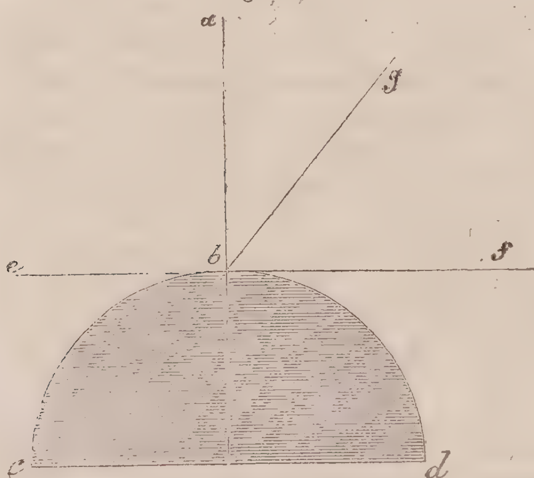


Gesetzt, ab sei die Oberfläche des neuen Medium, so wird ein Lichtstrahl cd, welcher mit ihr den Winkel cda = 90° bildet, auch in der Richtung de fortgehen.

cde bildet alsdann Eine gerade Linie. Fällt dagegen der Strahl fd unter jedem anderen Winkel, z. B. unter fdb auf, so dringt er nicht in seiner unmittelbaren geradlinigten Fortsetzung dg weiter vor, sondern wird in seiner Bahn nach di oder dh abgelenkt, so daß sein Weg fdi oder fdh einen bestimmten Winkel bildet.

1018 Man nennt die auf der Ebene ab des neuen Mediums senkrecht stehende Linie cd das **Einfallsloth**, denjenigen Winkel cdf, welcher durch dieses letztere Perpendikel und den einfallenden Lichtstrahl fd gebildet wird, den **Einfallswinkel**, den anderen ide oder hde dagegen, welcher durch die Verlängerung de des Einfallslothes cd und den gebrochenen Strahl di oder dh entsteht, den **Brechungswinkel**. Die Größe der auf diese Weise entstehenden Ablenkung aber wird durch die sogenannten **Ablenkungswinkel** gdi und gdh, d. h. durch die Winkel, welche durch den gebrochenen Strahl und die Verlängerung des Einfallslothes entstehen, gemessen. Der gebrochene Strahl bleibt bei den meisten Körpern einfach, wenn es der eintretende gewesen. Einzelne Substanzen, wie z. B. der Kalkspath, haben das Vermögen, durch Lichtpolarisationserscheinungen den abgelenkten Strahl zu verdoppeln. Sie besitzen daher, wie man sich ausdrückt, das Vermögen einer doppelten Strahlenbrechung.

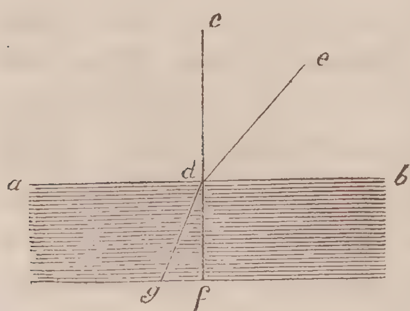
Fig. 100.



1019 Bietet das neue Medium, in welches der Lichtstrahl gb eindringt, eine gekrümmte Oberfläche cbd dar, so ist dieses natürlich eben so gut, als wenn es eine ebene Oberfläche ef hätte, welche an dem Einfallspunkte b des Strahles die Curve cbd tangental berührt und auf der das Einfallsloth ab senkrecht steht.

1020 Man nennt diejenige Ebene, welche durch das Einfallsloth cd und die Richtung des einfallenden Strahles ed, Fig. 101, bestimmt wird, die **Einfallsebene**, diejenige dagegen, in welche die Verlängerung des Einfallslothes df und der gebrochene Strahl dg fallen, die **Brechungsebene**. Beide liegen aber immer in einer und derselben Ebene, d. h. jeder Strahl, der in ein heterogenes Medium tritt, wird nur nach einer und nicht nach zwei Ebenen oder Richtungen zugleich abgelenkt.

Fig. 101.



1021 Die Art der Brechung wird durch die Beschaffenheit des Medium bestimmt. Tritt nämlich ein Strahl cd, Fig. 102, aus dem leeren Raume in ein brechendes Medium oder aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, so ist immer der Brechungswinkel fdg kleiner als der Einfallswinkel cde. Man sagt alsdann, daß das Licht dem Einfallslothe zugebrochen werde. Geht er dagegen

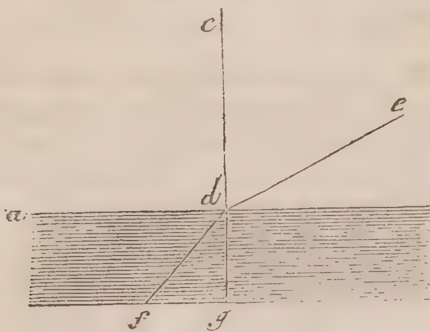


Fig. 102.

umgekehrt aus einem brechenden Körper in den leeren Raum, oder aus einem dichteren Medium in ein dünneres über, so übertrifft der Brechungswinkel dbe (Fig. 103) den Einfallswinkel abc an Größe, oder es wird dann der Strahl, wie man sich ausdrückt, von dem Einfallslothe abgelenkt.

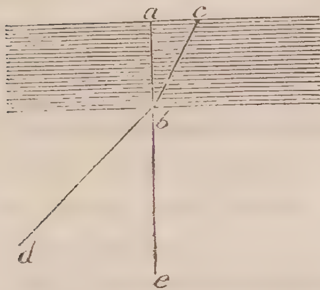


Fig. 103.

Ein anderes durchgreifendes Gesetz der 1022
Dioptrik besteht darin, daß das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, und umgekehrt, für zwei gleiche Medien durchaus dasselbe bleibt, der Lichtstrahl möge unter welcher schiefen Richtung er wolle eintreten. Wenn z. B. ab (Fig. 104) die geradlinigte Oberfläche eines Medium ist, in welches die Strahlen eg und fg unter den Winkeln cge und cgf einfallen und hgd und igd die Brechungswinkel derselben bilden, so verhält sich sin. cge : sin. hgd = sin. cgf : sin. igd. Es ist daher $\frac{\sin. cge}{\sin. hgd} = \frac{\sin. cgf}{\sin. igd}$, d. h. der Quotient des Sinus des Einfalls- und der des Brechungswinkels ist für je zwei gleiche Medien bei allen schiefen Richtungen des eintretenden Strahles der gleiche. Dieser Werth bildet daher einen constanten Ausdruck für die Brechkraft oder das Brechungsvermögen zweier Körper. Man nennt ihn deshalb auch den **Brechungsexponenten** oder selbst geradezu das **Brechungsvermögen**. Um aber die Uebersicht zu erleichtern, wird immer angenommen, daß der Lichtstrahl aus der Atmosphäre in einen anderen Körper übergehe. Man setzt dann den Werth der Atmosphäre = 1 und drückt den Brechungsexponenten der flüssigen und festen Körper so aus, als wenn der Strahl aus der Luft in sie überträte. Da alsdann der Brechungswinkel kleiner als der Einfallswinkel ist, so erhält man, indem man den letzteren durch den ersteren dividirt, Zahlen, welche mehr als 1 betragen. Findet dagegen der Uebergang aus einem dichteren in ein dünneres Medium Statt, so muß natürlich dieser Divisionswerth kleiner als 1 ausfallen.

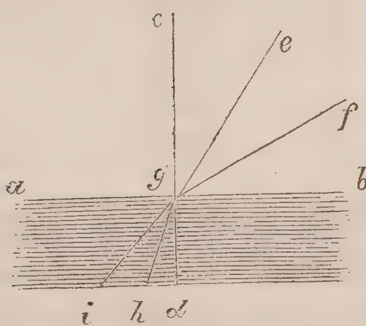


Fig. 104.

Die Dichtigkeit entscheidet jedoch nur dann vollkommen für diese Ver- 1023
hältnisse, wenn die beiden Körper, durch welche der Lichtstrahl dringt, von derselben oder sehr nahe verwandter Zusammensetzung sind. Ist dieses aber nicht der Fall, so läßt sich ohne erfahrungsmäßige Prüfung kein Urtheil fällen, indem die Molecularbeschaffenheit, wie man sich ausdrückt, das Resultat der Brechung bestimmt. Auf diese Art kann z. B. ein fester Körper das gleiche Brechungsvermögen wie ein flüssiger haben. Wir werden in der Folge sehen, daß dieser Satz auch auf die Verhältnisse der

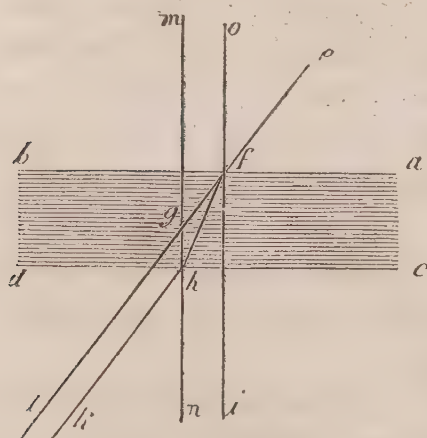
Hornhaut und der wässerigen Feuchtigkeit des Auges, wenigstens nach den bisherigen Beobachtungen seine Anwendung findet.

Die Unveränderlichkeit des Brechungsexponenten setzt uns in den Stand, aus seinem Werthe und der Größe des Einfallswinkels den des Brechungswinkels zu berechnen. Da aber die Differenzen der einzelnen Sinus unmittelbar aufeinander folgender Winkel, je näher sie 90° kommen, um so geringer ausfallen, so nimmt der Brechungswinkel zwar nicht absolut, aber in Verhältniß zum Einfallswinkel um so mehr ab, je weniger dieser von einem Rechten entfernt ist. Das Brechungsverhältniß des Wassers z. B. ist 1,3358. Fällt nun ein Lichtstrahl aus der Luft in dasselbe unter einem Winkel φ ein, so haben wir, da er dann dem Einfallslothe zugelenkt wird, für den Brechungswinkel ψ die Proportion $1{,}3358 : 1 = \sin.\ \varphi : \sin.\ \psi$ und $\sin.\ \psi = \frac{\sin.\ \varphi}{1{,}3358}$. Hiernach ergeben sich aber z. B. als Bestätigung der obigen Folgerung über die relative Abnahme des Brechungswinkels mit zunehmender Größe des Einfallswinkels folgende Werthe:

Einfallswinkel.	Brechungswinkel.	Differenz des Einfalls- und Brechungswinkels.	Quotient dieser Differenz und des Einfallswinkels.
15°	11° 10′ 19″	3° 49′ 41″	0,255
30°	21° 58′ 53″	8° 1′ 7″	0,267
45°	31° 57′ 42″	13° 2′ 8″	0,290
60°	40° 24′ 54″	19° 35′ 6″	0,326
75°	46° 18′ 41″	28° 41′ 19″	0,383

1024 Geht ein Lichtstrahl durch ein heterogenes brechendes Medium, welches parallele Begrenzungsflächen hat, hindurch, um an der anderen Seite in das frühere Mittel einzutreten, so verfolgt er in dem letzteren eine Bahn, welche der Richtung des einfallenden Strahles parallel ist. Gesetzt, abcd sei eine Glasplatte mit den einander parallelen Wänden ab und cd. Es falle ein Lichtstrahl ef unter dem Winkel efo ein, so wird er z. B. in der Richtung fh dem Einfallslothe zu abgelenkt werden. Begiebt er sich nun aber wieder aus dem Glase in die Luft, so muß er von Neuem und zwar von dem Einfallslothe mn hinweg gebrochen werden. Diese seine Bahn hk ist der Verlängerung fl des einfallenden Strahles ef parallel. Denn bezeichnen wir mit n den Brechungsexponenten des Glases, so haben wir $n = \frac{\sin.\ ofe}{\sin.\ hfi} = \frac{\sin.\ khn}{\sin.\ mhf}$. Nun sind auch die Einfallslothe oi und mn, da ab und cd parallel verlaufen, einander parallel, folglich $\angle hfi = \angle mhf$ und daher auch $\sin.\ ofe = \sin.\ khn$. Da aber die beiden letzteren Winkel spitz sein müssen, so erhalten wir auch $\angle ofe = \angle khn$. Nun ist $\angle ofe = \angle lfi = \angle lgn$. Daher auch $\angle khn = \angle lgn$ und mithin kh parallel le. Ist die Glasplatte nicht sehr dick, so ist die Ablenkung

Fig. 105.

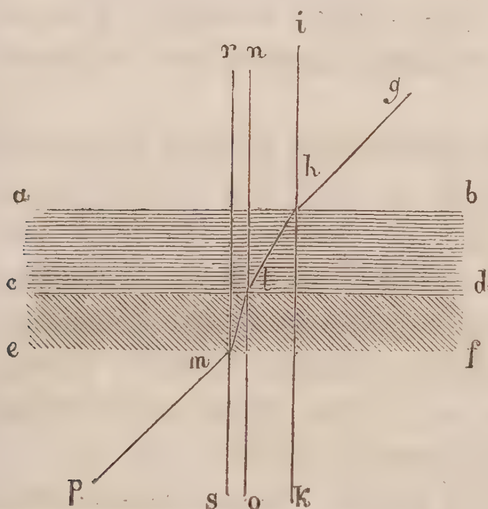


so gering, daß sie unmittelbar nicht in die Augen fällt und das Bild in derselben Richtung, wie es aufgetreten, einzufallen scheint. Bei bedeutender Dicke dagegen wird die Ablenkung sogleich wahrgenommen. Die Verhältnisse bleiben natürlich dieselben, wenn der Strahl durch mehrere parallele Medien, z. B. Wasser und Glas hindurchtritt.

Weichen dagegen die gegenseitigen Oberflächen des brechenden Medium von dem Parallelismus ab, so muß auch der austretende Strahl, wie sich von selbst ergiebt, von dem eintretenden in seiner Neigung differiren.

Dringt ein Strahl durch zwei Medien, welche parallele Oberflächen 1025
aber ungleiche Brechungsexponenten besitzen, z. B. von der Luft aus durch, um wieder in die Atmosphäre zu verlaufen, so können wir die relative Brechbarkeit jener beiden heterogenen Mittel finden, wenn wir die Brechexponenten derselben in Verhältniß zur Luft kennen. Ist dieser $= n$ für das eine Medium $= a$ kleiner, der andere $= m$ für das zweite $= b$ größer, und dringt der Strahl zuerst in a und dann in b ein, so gleicht der relative Brecherponent von a zu $b = r = \frac{n}{m}$. In dem umgekehrten Falle wird $r = \frac{m}{n}$. abcd ist das eine Medium mit dem schwächern Brechungsexponenten $= n$, cdef das zweite mit dem stärkeren $= m$. ab, cd und ef sind einander parallel. Fällt nun ein Lichtstrahl gh ein und bildet ik das Einfallsloth, so wird er nach hl abgelenkt. Es ist dann $\frac{\sin. ihg}{\sin. lhk} = n$. Tritt hierauf hl in das zweite Medium cdfe, so geht er in lm fort. Bildet no das entsprechende Einfallsloth, so haben wir $\frac{\sin. nlh}{\sin. mlo} = r$. Gelangt jener endlich in die Luft, so daß er die Bahn mp einschlägt und stellt rs das entsprechende Einfallsloth dar, so erhalten wir $\frac{\sin. pms}{\sin. rml} = m$, und daher $\frac{\sin. rml}{\sin. pms} = \frac{1}{m}$. Wir haben daher $\sin. ihg = n. \sin. lhk$ und $\sin. pms = m. \sin. rml$. Da nun ab parallel cd und ef, so ist $\angle ihg = \angle pms$. Folglich auch $n. \sin. lhk = m. \sin. rml$. Nun sind auch die Einfallslothe ik, no und rs einander parallel. Mithin $\angle lhk = \angle nlh$ und $\angle rml = \angle mlo$. Daher $n. \sin. nlh = m. \sin. mlo$ und $\frac{\sin. nlh}{\sin. mlo} = \frac{m}{n}$. Nun bildet $\frac{\sin. nlh}{\sin. mlo}$ den relativen Brecherponenten. Mithin $r = \frac{m}{n}$. Für den umgekehrten Gang der Strahlen dagegen wird $r = \frac{n}{m}$.

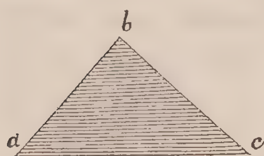
Fig. 106.



Denken wir uns z. B. a b d c sei Wasser, c d f e dagegen Flintglas, welches zwei Theile Blei auf einen Theil Kiesel enthält, so haben wir für den Brecherponenten des ersteren in Verhältniß zur Luft = n = 1,3358 und für den des letzteren = m = 1,830. Geht daher der Strahl aus dem Wasser in das Flintglas, so beträgt der relative Fractionsexponent $\frac{1,830}{1,3358} = 1,370$; bei umgekehrter Bahn dagegen $\frac{1,3358}{1,830} = 0,730$.

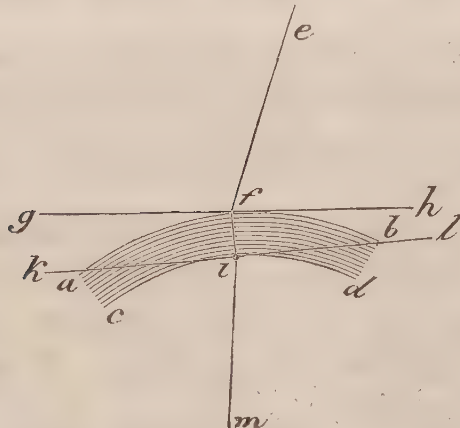
1026 Aus den eben erörterten Gesetzen ergiebt sich von selbst, daß der gebrochene Strahl, wenn er ein Medium mit geradlinigten, aber gegen einander geneigten Begrenzungsflächen durchsetzt, dem einfallenden Strahle nicht mehr parallel gehen kann, sobald er von Neuem in das frühere Mittel, nämlich die Luft zurückkehrt. Wir haben daher diesen Fall bei allen **Prismen**. Denken wir uns ein solches in seinem senkrechten Durchschnitte, so bilden z. B. ab und bc die beiden gegen einander geneigten Flächen, durch welche der Strahl hindurchtritt. Der Winkel abc, unter welchem sie zusammenstoßen, heißt der **brechende Winkel**, die Seite ac, welche ihm gegenüberliegt, die **Basis des Prisma**. Ist der brechende Winkel des letzteren constant, so läßt sich aus dem Minimum der Ablenkung, welches ein Strahl bei seinem Durchgange durch das Prisma erfährt, der Brechungsexponent der Substanz des letzteren bestimmen. Man verfertigt daher nicht bloß Prismen aus festen Körpern, sondern schließt auch flüssige in hohle Prismen mit parallelen Seitenwänden ein, um diesen Fluidis indirect eine bestimmte prismatische Gestalt zu verleihen.

Fig. 107.



1027 Da sich jeder Strahl, welcher ein mit gekrümmten Flächen versehenes Mittel durchsetzt, eben so verhält, als träfe er auf eine ebene Fläche, welche die Curve in dem Einfallspunkte tangental berührt, so folgt hieraus von selbst, daß der Parallelismus der einfallenden und der austretenden Strahlen bei gekrümmten Medien sogar dann, wenn ihre Biegungslinien concentrisch verlaufen, seltener zu Stande kommen wird. Gesetzt, abdc sei ein solches heterogenes Mittel. Seine Begrenzungsflächen ab und cd bilden zwei gleiche Bogen concentrischer Kreise mit ungleichen Radien und gingen daher parallel. Ein Strahl ef, welcher in dem Punkte f einfällt, hat die Tangente gh zur idealen Ebene. Wird er aber in fi gebrochen, so ist seine Austrittsebene kl. Da nun aber gh und kl nicht parallel sind, so können auch der einfallende Strahl ef und im keinen Parallelismus darbieten. Etwas der Art vermag nur in denjenigen Einzelfällen, in welchen die Krümmungen ungleich sind und verschiedene Punkte derselben durch die Art der Brechung compensirt werden, Statt zu finden.

Fig. 108.



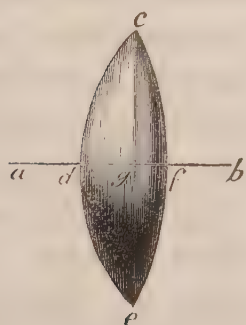
1028 Mit dem Namen der Linsen bezeichnet man diejenigen festen oder flüssigen Brechungsmedien, welche eine oder zwei gekrümmte Oberflächen

besitzen. Diese bilden in der Regel bei den zu optischen Zwecken verfertigten Abschnitte von Kugelflächen. Die Combinationen aber, welche auf diese Art zu Stande kommen, sind in folgender Tabelle enthalten.

Form der Linse.	Ebenen der Oberflächen.	Benennung der Linse.
Fig. 109. a	a. Beide Flächen conver.	biconver oder conver-conver.
b	b. Die eine conver, die andere plan.	planconver.
c	c. Die eine conver, die andere concav, doch so, daß die Krümmung der Converität größer und ihr Radius kleiner, als der der Concavität ist.	conver-concav oder sammelnder Meniscus.
d	d. Wie in dem vorigen Falle, nur daß die Krümmung der Concavität die größere ist.	concav-conver oder zerstreuender Meniscus.
e	e. Beide Flächen concav.	concav-concav.
f	f. Die eine Fläche concav, die andere eben.	plan-concav.

Aus Gründen, welche sich in der Folge ergeben werden, heißen die drei ersten Arten von Combinationen Sammel-, die drei letzten dagegen Zerstreuungslinsen.

Fig. 110.



Die Achse einer Linse ist diejenige gerade Linie, 1029
welche die beiden Mittelpunkte a und b ihrer beiden Krümmungsbogen cde und cfe mit einander vereinigt. Sie bildet bei planconveren oder planconcaven Gläsern die aus dem einen vorhandenen Krümmungscentrum nach der Mitte der geraden Fläche gefällte Senkrechte. Derjenige Punkt g der Linie ab, welcher in der Mitte der Linse liegt, heißt der optische Mittelpunkt derselben. Sie ist centrirt, wenn alle Theile ähnlich und symmetrisch um die Achse derselben liegen.

Ein Lichtstrahl, welcher genau in der Achse einer Linse verläuft, heißt

ein Achsenstrahl. Unter der Benennung der centralen Strahlen dagegen versteht man diejenigen, welche mit dem Achsenstrahle oder den beiderseitigen Verlängerungen der Achse verhältnißmäßig sehr kleine Winkel bilden.

1030 Die praktische Optik bedient sich, um möglichst viele centrale Strahlen durch eine Linse, vorzüglich eine Sammellinse hindurchgehen zu lassen, zweierlei Verhältnisse. 1) Wählt sie Krümmungsoberflächen mit verhaltnißmäßig sehr großen Radien und relativ kleinen Bogenabschnitten. Wir haben z. B. die beiden Kreise abcde und defgh mit den Radien ke und ie. Dadurch aber, daß die Bogenabschuitte eld und emd klein und flach sind, erhält die biconvere Linse eldm eine geringe Dicke, so daß alle Strahlen, welche auf sie auffallen, nur relativ kleine Winkel mit dem Achsenstrahle ki bilden. Bei planconveren Gläsern schneidet die Sehne ab nur einen kleinen Bogen bda des großen Kreises adbf von dem Radius cb ab, so daß derselbe Zweck wie in dem vorigen Falle erreicht wird.

Fig. 111.

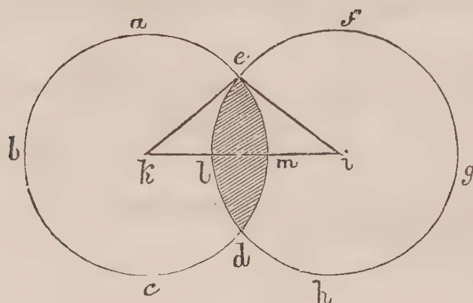
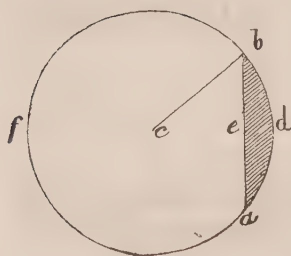


Fig 1[1]2



2) Soll jedoch jene Nebenbedingung in noch höherem Maaße erzielt und auf diese Art ein schärferes Bild gewonnen werden, so bringt man vor der Linse ab ein sogenanntes Diaphragma an. Dieses besteht aus einer undurchsichtigen schwarzen Substanz und bildet eine Scheidewand cdef, welche der Mitte der Linse entsprechend eine Oeffnung de besitzt. Ein solches Diaphragma wird vorzüglich dann nöthig, wenn die Linse, um nur etwas Corpus zu erhalten, ausgedehntere Bogenabschnitte größerer Kreise umfassen muß. Diese Art der Verfertigung von Linsen gewährt noch den Vortheil, daß die Dicke derselben bei der Berechnung der an ihnen zu beobachtenden Erscheinungen ohne wesentlichen Fehler außer Acht gelassen werden kann. Beiderlei Einrichtungen kehren, wie wir sehen werden, in dem menschlichen Auge wieder.

Fig. 113.



1031 Alle centralen Strahlen, welche von einem in der Achse einer Sammellinse befindlichen leuchtenden Punkte ausgehen und wiederum durch das brechende sphärische Medium hindurchtreten, um in das frühere Mittel zu gelangen, werden so abgelenkt, daß sie sich später in demselben Punkte vereinigen. Man nennt diesen Vereinigungspunkt den Brennpunkt und den Abstand desselben von dem optischen Mittelpunkte die Vereinigungs- oder Brennweite der Linse. Nehmen wir an, abcd, Fig. 114, sei der senkrechte Durchschnitt eines biconveren brechenden sphärischen Mittels, e der Mittelpunkt der einen Krümmung adc und f das Centrum der anderen abc, so wird gh die Achse und i den optischen Mittelpunkt darstellen. Kommt nun ein Lichtstrahl von g aus auf abc in der Richtung gb, so muß er ungebrochen durchgehen. Denn ziehen wir in b und d die Tangenten

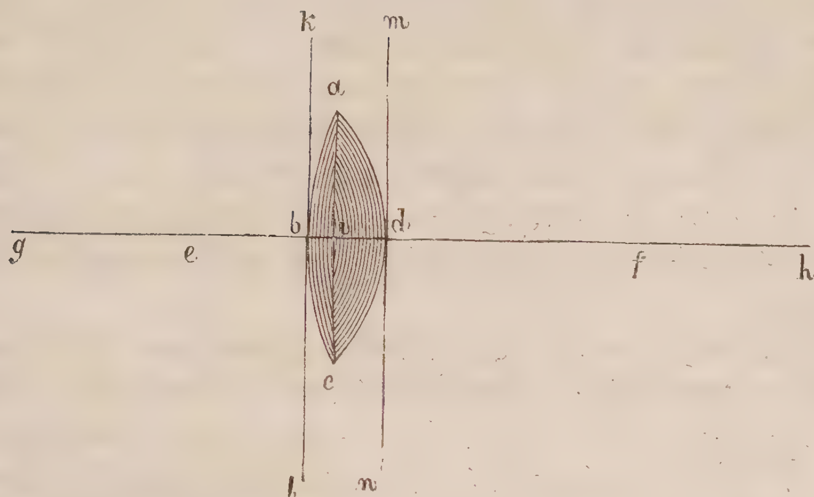


Fig. 114.

kl und mn, so haben wir, da b und d die einzigen gleichen und correspondirenden Punkte der Krümmungsbogen abc und adc sind, kl parallel mn und gbk = gbl = ndh = hdm = 90°. Der Lichtstrahl gb geht daher in dem Wege idfh fort, d. h. der Achsenstrahl durchsetzt die Linse, ohne im geringsten abgelenkt zu werden.

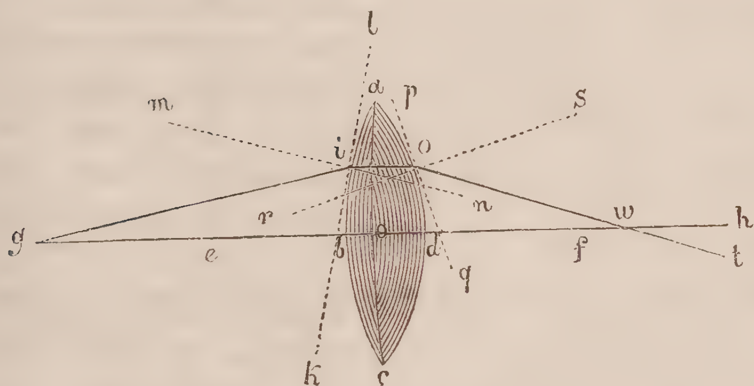


Fig. 115.

Gesetzt, es fiele aber der Strahl in der Richtung gi ein, so daß der Winkel igb verhältnißmäßig sehr klein ist, so ziehen wir die Tangente kl und errichten auf ihr das Einfallsloth mn. Wir haben dann den Einfallswinkel gim des Strahles gi. Dieser wird daher, da die Linse abcd stärker bricht, dem Einfallslothe mn zugelenkt und geht in der Bahn io durch. Ziehen wir auch hier die Tangente pq und errichten auf ihr die Senkrechte rs, so wird der Lichtstrahl io, indem er bei o aus einem stärker brechenden Medium abcd in das frühere schwächer brechende tritt, von dem Einfallslothe os abgelenkt und in der Richtung ot fortgeführt, d. h. er wird bei o noch mehr in derselben Richtung fortgebrochen, die er schon bei dem Uebergange von gi in io erhalten hatte. Seine Bahn ot wird die Fortsetzung der Achse gh in w schneiden. 1032

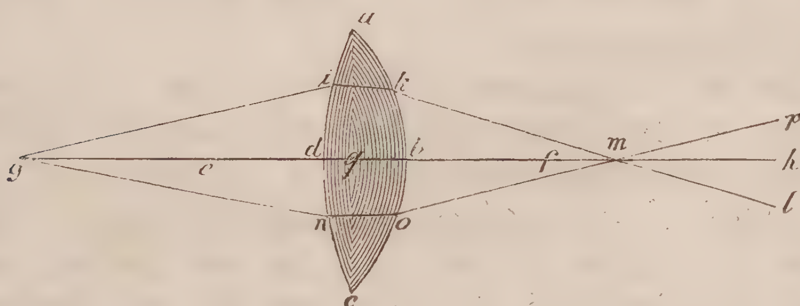


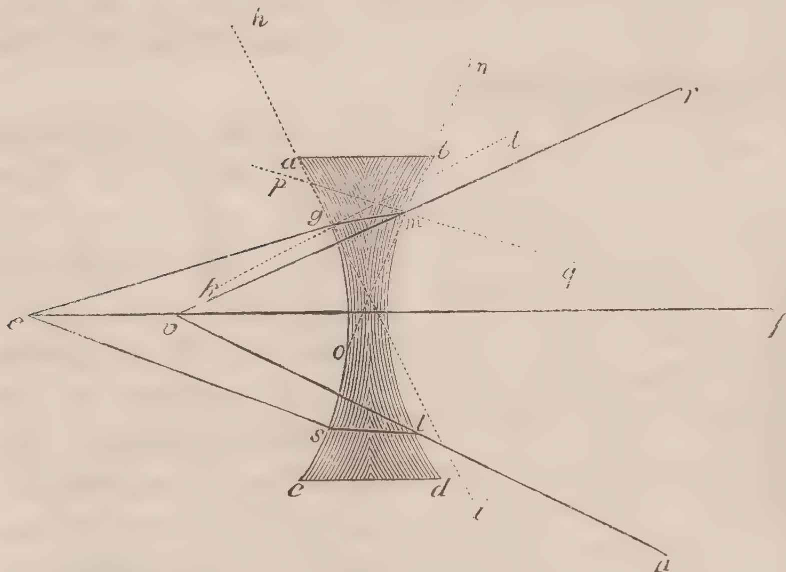
Fig. 116.

Geht nun aber ein Strahl gi in der Richtung gikml Fig. 116 fort, so wird ein zweiter gn, der unter dem gleichen Achsenwinkel (dgn = dgi), aber auf der anderen Seite einfällt, die gerade entgegengesetzte Bahn gnomp beschreiben. Da alle Verhältnisse die gleichen sind, so müssen die Dreiecke kbm und mbo congruent sein und die Durchschneidung der beiden gebrochenen Strahlen kl und op und der Achse gh

in denselben Brennpunkt fallen. Nun sind aber die Flächen abc und adc Kugelabschnitte. Folglich können wir uns um ign einen Lichtkegel beschrieben denken, dessen sämmtliche Lichtstrahlen durch den Brennpunkt m hindurchgehen. Der Definition gemäß sind aber alle centralen Strahlen so beschaffen, daß die Winkel igb und bgn ihrer Kleinheit wegen ohne Fehler unbeachtet bleiben können. Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß sich alle centralen Strahlen in einem Brennpunkte vereinigen müssen, und auch ähnliche Erscheinungen bei den planconvexen und den sammelnden Meniscis wiederkehren.

1033 Für die Zerstreuungslinsen treten im Grunde genommen ähnliche, aber der Richtung nach entgegengesetzte Verhältnisse ein. Denn abcd sei ein concav-concaves, stärker brechendes Medium und ef die Achse desselben, so wird ein Strahl eg in entgegengesetzter Weise, wie bei den convex-concaven Linsen gebrochen. Denn ziehen wir die Tangente hi und auf dieser das Einfallsloth kl, so bildet egk den Einfallswinkel. Der Strahl eg wird aber ge zugebrochen und entfernt sich, indem er in gm verläuft, von der Achse ef. Verläßt er dann wieder die Linse bei m, so bildet no die Tangente und pq das Einfallsloth. Er geht daher von der letzteren und mithin ebenfalls, indem er sich in mr fortsetzt, von der Achse ef ab. Auf gleiche Weise muß ein Strahl es in der Richtung estu dahinlaufen, d. h. die Strahlen, welche durch eine concav-concave Linse gegangen sind, vereinigen sich nicht in einem Punkte der Achse, wie bei den Sammellinsen, sondern divergiren immer mehr von ihr oder zerstreuen sich. Da nun ähnliche Folgen bei den planconcaven Gläsern und den zerstreuenden Meniscis eintreten müssen, so nennt man diese sämmtlichen Combinationen Zerstreuungslinsen.

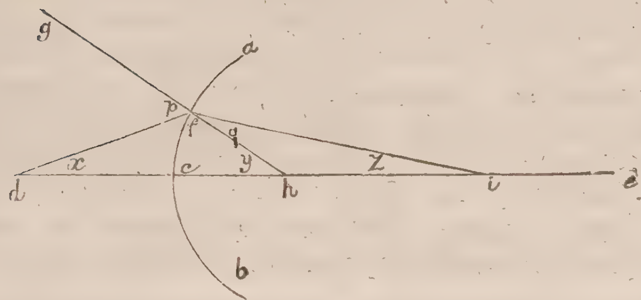
Fig. 117.



Verlängern wir aber die divergirenden Strahlen rm und ut in ihrer convergirenden Richtung, so schneiden sie die Achse ef, wenn der Winkel gef = fes ist, in dem gemeinschaftlichen Punkte v. Dieser muß aus denselben Gründen, welche für die Sammellinsen angeführt worden, für alle centralen Strahlen der gleiche bleiben. Da er nun zwischen dem leuchtenden Punkte und der Linse liegt, so nennt man ihn den negativen Brennpunkt. Während sich der Vereinigungspunkt der Sammellinsen hinter dem brechenden Medium befindet, liegt er bei den Zerstreuungslinsen vor demselben.

Um nun die für die Brennweiten dieser verschiedenen Linsen gültigen Formeln herzuleiten, wollen wir uns zunächst wieder an die biconvexen halten und zuvörderst bloß die Vorgänge, welche durch ihre vordere sphärische Oberfläche zu Stande kommen, betrachten. acb sei ihre vordere Seite, de die verlängerte Achse, df der centrale Strahl, welcher jedoch nicht mit dem Achsenstrahle zusammenfällt, sondern den kleinen Winkel $fdc = x$ bildet, gh das Einfallsloth, das die Achsenverlängerung dc unter dem Winkel $ghd = y$ schneidet, und gi der gebrochene Strahl, der diese in i trifft. Nun ist der äußere Winkel $p = x + y$ und $y = q + z$. Da aber $gfd = p$ den Einfallswinkel darstellt, so haben wir, wenn n den Brechungsexponenten bezeichnet, $\sin. p = n. \sin. q$. Der Natur der centralen Strahlen entsprechend ist der Winkel p und mithin auch q sehr klein. Unter diesen Verhältnissen können sie selbst ohne erheblichen Fehler statt ihrer Sinus substituirt werden. Wir haben mithin $p = nq$. Daher $nq = x + y$; da aber $q = y - z$ ist, so ergiebt sich $n(y - z) = x + y$ und daher $x + nz = y(n - 1)$. Bei der Kleinheit der Krümmung acb und des Winkels $fdc = x$ kann ac ohne erheblichen Fehler als eine gerade Linie angesehen werden, welche auf dc senkrecht steht. In diesem Falle haben wir aber $\sin. x : \cos. x = fc : dc$ und daher $\tang. x = \frac{fc}{dc}$. Eben so ist dann $\sin. y : \cos. y = fc : ch$ und $\tang. y = \frac{fc}{ch}$. Endlich $\sin. z : \cos. z = fc : ci$ und $\tang. z = \frac{fc}{ci}$. Da aber alle diese Winkel sehr klein sind, so können ihre Tangentenwerthe statt ihrer selbst substituirt werden. Nun hatten wir $x + nz = y(n - 1)$. Folglich

Fig. 118.



$$\frac{fc}{dc} + n\frac{fc}{ci} = \frac{fc}{ch}(n - 1).$$

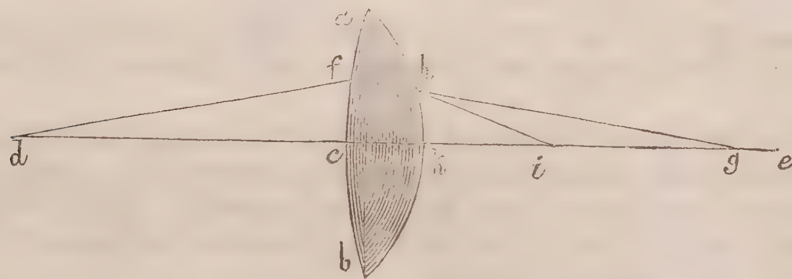
Oder $$\frac{1}{dc} + \frac{n}{ci} = \frac{n - 1}{ch}.$$

Machen wir nun die Entfernung des leuchtenden Punktes von der Mitte der Linsenkrümmung $= dc = b$, die Distanz der letzteren von dem Vereinigungspunkte $= ci = m$ und den Radius der Krümmung $= ch = r$, so erhalten wir

$$\frac{1}{b} + \frac{n}{m} = \frac{n - 1}{r}.$$

Hat aber der Strahl df die vordere Fläche der Linse acb durchsetzt und wurde er hier in der Richtung fh Fig. 119 abgelenkt, so daß er die Achsenverlängerung de, wenn keine fernere Abweichung Statt fände, in g schneiden würde, so erleidet er jetzt, indem er bei h aus dem stärker brechenden Medium hervortritt, eine neue Fraction. Diese letztere verstärkt, wie wir (§. 1032) gesehen haben, die Convergenz, so daß nun der Strahl hi die Achsenverlängerung de in einem zwischen k und g gelegenen Punkte i durchschneidet. Bezeichnen wir aber die Entfernung des früheren Durchschnittspunktes g von der Linse mit x, so haben wir nach der zuletzt erwähnten Gleichung

Fig. 119.



$$\frac{1}{b} + \frac{n}{x} = \frac{n-1}{r}$$ und daher angenommen:

$$x = n\left(\frac{r}{n-1} - b\right).$$

Berücksichtigen wir nun die hintere Fläche a k b allein, um den Abstand des Punktes i von der Linse oder den wahren Focus derselben = f zu finden, so können wir die Berechnung nach denselben Grundgleichungen, wenn wir nur die nothwendigen Correctionen vornehmen, durchführen. Da nämlich die Krümmung a k b der von a c b entgegengesetzt ist, wird der Radius der ersteren = s negativ. Eben so divergiren die Lichtstrahlen nicht mehr, sondern f h und noch mehr h i convergirt gegen die Achsenverlängerung d e. Auch hier wird daher, wie man sieht, der Werth von x, welcher jetzt das Aequivalent von b der ersteren Formel bildet, negativ. Da aber der Strahl f h aus dem stärker brechenden Medium in ein minder brechendes übergeht, so ändert sich der Fractionsexponent n in $\frac{1}{n}$ um (§. 1022). Substituiren wir also in der obigen Gleichung statt $+\frac{1}{b}$, $-\frac{1}{x}$, statt $+r$, $-s$ und statt n, $\frac{1}{n}$, und bezeichnen den Brennpunkt statt durch m mit f, so erhalten wir

$$-\frac{1}{x} + \frac{\frac{1}{n}}{f} = -\left(\frac{\frac{1}{n}-1}{s}\right)$$

$$\text{oder } -\frac{1}{x} + \frac{1}{nf} = -\frac{1-n}{ns}.$$

Hieraus folgt dem Obigen entsprechend:

$$x = n\left(f - \frac{s}{n-1}\right) = n\left(\frac{r}{n-1} - b\right).$$

Daher angenommen:

$$f + b = \frac{r}{n-1} + \frac{s}{n-1}.$$

Oder, da $\frac{r}{n-1} + \frac{s}{n-1} = \frac{rs}{(n-1)(r+s)}$,

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{(n-1)(r+s)}{rs} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Diese Gleichungen geben uns die wesentlichste Anleitung für die Bestimmung der Focaldistanzen der verschiedenen Linsen. Gelangt der Lichtstrahl auf dieselben aus einer bestimmten Entfernung = b, so haben wir

$$\frac{1}{f} = \frac{(n-1)(r+s)}{rs} - \frac{1}{b}$$

Sind sie dagegen parallel, so daß sie aus einer unbestimmbaren Entfernung kommen und b unendlich wird, so ist $\frac{1}{b} = o$, und es ergiebt sich daher

$$f = \frac{rs}{(n-1)(r+s)}$$

d. h. der Focus der Linsen läßt sich aus den beiden Radien ihrer beiden Krümmungen, dem Brechungsvermögen der Substanz und der Entfernung des leuchtenden Punktes bestimmen.

Wir können aber aus dieser Formel, die zunächst nur für die biconvexen Linsen gilt, die Verhältnisse der anderen Linsen mittelst geeigneter Correctionen leicht bestimmen. Jede ebene Fläche vermag als der Bogen eines Kreises mit unendlich großem Radius angesehen zu werden. Unter diesen Verhältnissen wird aber bei einer planconvexen Linse $s = \infty$. Wir haben daher für parallele Strahlen

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\infty} = \frac{n-1}{r} \text{ und } f = \frac{r}{n-1}.$$

Bei einem Meniscus wird natürlich s negativ. Es ergiebt sich mithin:

$$f = \frac{-rs}{(n-1)(r-s)},$$

Ist nun s größer als r, so wird der Werth von f ein positiver und der Meniscus daher ein sammelnder. Im entgegengesetzten Falle dagegen erhalten wir einen negativen Focus, so daß der Meniscus den Character eines zerstreuenden erhält.

Für concav-concave Gläser wird sowohl r als s negativ. f hat daher in jedem Falle einen negativen, aber sonst gleichen Werth, wie bei biconvexen Linsen mit gleichen Radien. Eben so wird s bei den planconcaven Linsen unendlich groß, während r negativ erscheint. Die Formel ist deshalb wiederum dieselbe, wie für planconvexe Medien, nur mit umgekehrten Kennzeichen.

Nehmen wir nun aber an, daß die Strahlen nicht parallel sind, d. h. aus keiner unendlichen Entfernung in das Medium eindringen, sondern daß die Distanz ihres Ausgangspunktes von der Linse = m ist, so haben wir nach der obigen Grundgleichung

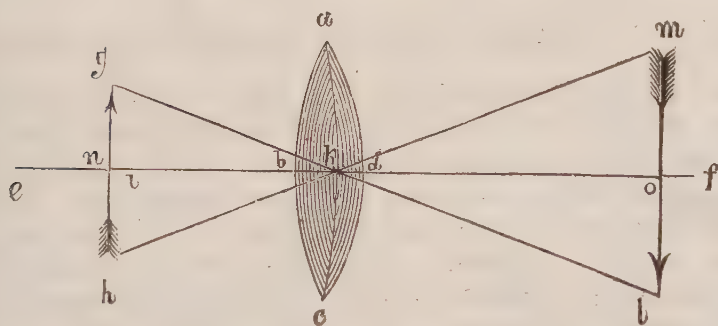
$$\frac{1}{m} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b} \text{ und daher } m = \frac{bf}{b-f} = \frac{f}{1 - \frac{f}{b}}$$

Wird nun b unendlich groß, wie bei den eben erläuterten parallelen Strahlen, so ist $\frac{f}{b} = 0$ und daher m = f, d. h. in diesem Falle treffen die Strahlen in dem Brennpunkte der Linse selbst zusammen. Wird dagegen b kleiner, d. h. rückt der Gegenstand näher, so erhält $\frac{f}{b}$ einen größeren, $1 - \frac{f}{b}$ einen kleineren, und $\frac{f}{1 - \frac{f}{b}}$ wieder einen größeren Werth, d. h. der Vereinigungspunkt der Strahlen rückt dann hinter den Brennpunkt der Linse. Wird b = f, d. h. kommen die Strahlen aus einer Distanz, die mit der des Brennpunktes übereinstimmt, so wird m unendlich groß, d. h. die Strahlen treten dann aus der Linse parallel hervor. Verkleinert sich b noch mehr, so wird der Werth von m negativ, d. h. die Strahlen divergiren nach ihrem Durchtritte durch das brechende Medium.

Wesentlich dieselben Gesetze lassen sich auch auf solche Strahlen anwenden, welche nicht in der Achse, sondern neben derselben, in einer Nebenachse durch die Linse hindurchtreten, vorausgesetzt, daß diese keinen sehr großen Winkel mit der Achse bildet. Ueber die Entwickelung dieser Formeln siehe Pouillet Lehrbuch der Physik und Meteorologie für deutsche Verhältnisse frei bearbeitet von Joh. Müller. Bd. II. 1843. 8. S. 149—51.

Die Erscheinung vollkommener Bilder, deren Strahlen durch Linsen 1034
hindurchtreten, können wiederum am besten an biconvexen Medien dargestellt werden. Wenn nämlich abcd ein solches, ef dessen Achse und gh ein Gegenstand ist, der vor dem Brennpunkte i der Linse liegt, so dringen alle Lichtbündel, welche von g aus längs der Nebenachse gkl laufen, nach l und ebenso alle, welche von h kommen, durch hkm nach m. Nur nko geht ungebrochen durch. Der Punkt l entspricht dem reellen Punkte g und m dem Punkte h. Da sich nun dasselbe in Betreff aller Stellen, die zwischen f und l einerseits, und g u. n anderseits, sowie zwischen m u. o. u h und n liegen, wiederholt, so erscheint gh im Bilde umgekehrt. Dieses kann sich aber entweder vergrößert oder verkleinert oder von derselben Größe wie der natürliche Gegenstand darstellen.

Fig. 120.

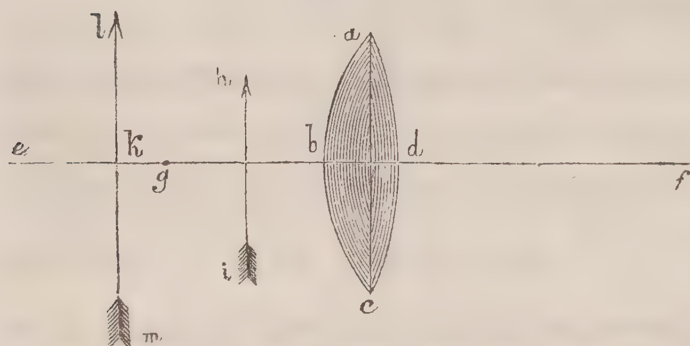


Liegt nämlich der letztere zwischen der einfachen und der doppelten

Brennweite der Linse, so erhält man eine Vergrößerung; befindet er sich dagegen jenseits der doppelten Brennweite, eine Verkleinerung. Existirt er endlich gerade in der zwiefachen Focaldistanz der Linse, so hat man weder das Eine, noch das Andere, sondern ein dem natürlichen Gegenstande gleich großes Bild. Es wird in allen diesen Fällen umgekehrt gesehen.

Ist dagegen das Object noch innerhalb der Brennweite gelegen, so entsteht jenseit der Linse kein Sammelbild, sondern der Gegenstand erscheint diesseit desselben vergrößert. Hat endlich z. B. die Linse abcd in ef ihre Achsenverlängerung und in g ihren Brennpunkt, so werden die Strahlen eines Gegenstandes hi so gebrochen, daß sein Bild nicht hinter der Linse zwischen d und f und umgekehrt, sondern in größerer Entfernung von derselben, z. B. in der Distanz kb und aufrecht als lm erscheint. Auf diesem Verhältnisse beruht der Gebrauch der Lupen, an denen sich überhaupt alle in diesem Paragraphen geschilderten Erscheinungen der Bilder leicht wahrnehmen lassen.

Fig. 121.



Die §. 1033 erwähnte optische Grundformel kann uns ebenfalls von den eben erwähnten Phänomenen eine genauere Rechenschaft geben. Sind r und s die beiden Radien der Krümmungen, n der Brechungsexponent der Medien und p die Brennweite für parallel einfallende Strahlen, so hatten wir $p = \frac{r\,s}{(n-1)\,(r+s)}$ und daher $\frac{1}{p} = \frac{(n-1)\,(r+s)}{r\,s} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right)$. Für eine endliche Entfernung der Strahlen = b erhalten wir für den Focus f den Werth $\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{p}$. Folglich $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{b}$ und $f = \frac{b\,p}{b-p}$. So lange daher die Entfernung des leuchtenden Gegenstandes b größer bleibt, als die Brennweite p, hat auch b — p einen positiven Werth, d. h. die Strahlen verlassen dann die Linse in einer convergirenden Richtung und vereinigen sich in einem hinter jener gelegenen Brennpunkte. Wird b = 2 p, so wird f = b, d. h. die Entfernung des Bildes gleicht der relativen Brennweite. Es findet weder eine Verkleinerung noch eine Vergrößerung des Gegenstandes, der noch immer hinter der Linse gesehen wird, Statt. Natürlicher Weise aber muß er, wenn b größer als 2 p ist, verkleinert, wenn aber b zwischen p und 2 p liegt, vergrößert erscheinen. Fällt die Distanz des Gegenstandes geringer als die Brennweite aus, so ist b — p ein negativer Werth, d. h. es entsteht ein negativer Focus, oder Bild und Object liegen an einer und derselben Seite der Linse. Es muß zu gleicher Zeit in vergrößertem Maaßstabe auftreten, weil die Strahlen zwar noch nach der Brechung divergiren, aber in geringerem Maaße als früher aus einander weichen.

1035 Um das Bild der Sammellinsen, wenn es hinter denselben erscheint, mit möglichster Schärfe aufzufangen, muß alles seitliche nicht hierher gehörende Licht, welches sonst nur störend wirkt, abgehalten werden. Zu

diesem Zwecke construirt man einen geschlossenen Kasten abcd, dessen Wände geschwärzt sind. Er trägt eine ebenfalls dunkele Halsverlängerung e, an welcher vorn eine Sammellinse fg angebracht ist. Wo das Bild auffallen soll, befindet sich eine matte Glasplatte hi. Will man den Apparat bequemer, z. B. zum Zeichnen einrichten, so gestaltet man ihn folgendermaßen. Der Kasten ABCD hat wie im vorigen Falle seinen Hals ad und seine Sammellinse bc. In der Gegend, wo die Bilder auffallen, befindet sich ein unter einem Winkel von 45° geneigter Spiegel ef, welcher sie nach oben reflectirt. Hier liegt dann die matte Glastafel go und wird zur Abhaltung des schädlichen Lichtes durch einen schiefen Deckel gh geschützt. Solche Vorrichtungen heißen *dunkle Kammern* (Camerae obscurae). Es versteht sich von selbst, daß sie auch mehrere gehörig combinirte brechende Medien enthalten können. Bestehen sie aus einer Verbindung von Flint- und Crownglaslinsen, so wird das Bild auf einer ebenen Fläche viel schärfer als durch gewöhnliche achromatische Linsen dargestellt (*Petzwal* u. *Voigtländer*).

Fig. 122.

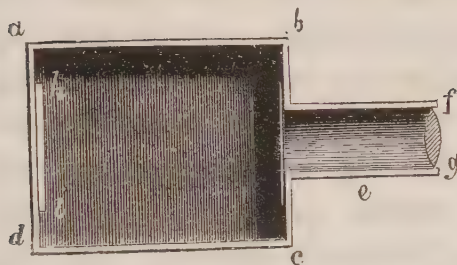
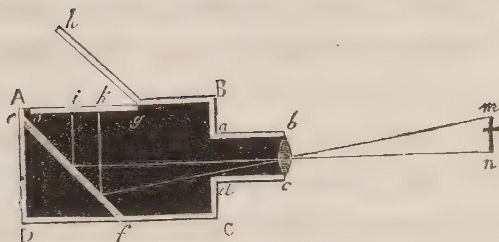
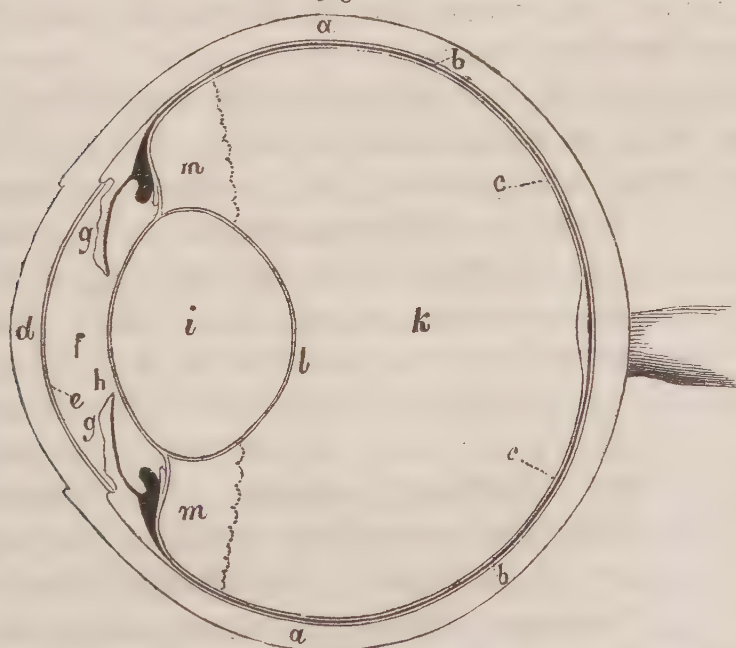


Fig. 123.



Wir sind nun zu demjenigen optischen Instrumente gelangt, mit wel- 1036
chem unser *Auge* am passendsten verglichen werden kann. Denken wir uns nämlich einen mittleren senkrechten Längendurchschnitt desselben, sowie ihn Fig. 124 darstellt, so haben wir die Sclerotica aa als die feste und undurchsichtige Wandung des Licht auffangenden Behälters, welcher dem Kasten der Camera obscura entspricht. Die nach innen von ihr gelegene Choroidea bb ist durch ihr Pigment sehr stark geschwärzt, damit die nicht dem Bilde entsprechenden und daher störenden Lichtstrahlen nicht nur seitlich abgehalten, sondern, wenn sie selbst durch die Sammellinsen eindringen, von dem dunkeln Grunde möglichst aufgesogen werden. Dieses letztere Moment bedingt dann noch einen anderen Vortheil, welchen wir bei unseren Cameris obscuris in der Regel nicht er-

Fig. 124.

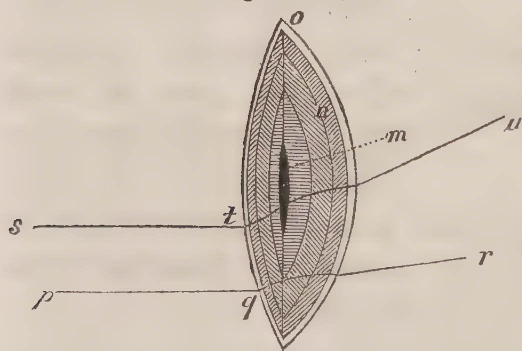


zielen. Nach innen von der schwarzen Aderhaut des Auges nämlich liegt die das Bild auffangende und dessen Empfindung vermittelnde Netzhaut c c. Die letztere erscheint zwar an den meisten todten Augen, welche wir zur Untersuchung erhalten, mehr oder minder milchweiß und halbdurchsichtig bis undurchsichtig. Im Leben dagegen ist sie mattgrau und durchsichtig bis stark durchscheinend, d. h. sie bietet gerade diejenigen Eigenschaften und den mäßigen Grad von Transparenz dar, welche zum Auffangen des Bildes der dunklen Kammer am geeignetsten sind und die wir auch an den mattgeschliffenen Gläsern unserer Camerae obscurae zu erzielen suchen. Da nun aber die schwarze Choroidea unmittelbar hinter ihr liegt und das Licht begierig einsaugt, so hat ihre Pigmentirung noch den Nebenvortheil, daß sich das Bild mit größerer Schärfe auf der Netzhaut darstellt.

Die Sammellinsen des Auges bestehen aus verschiedenen brechenden Medien. Schreiten wir nämlich von vorn nach hinten fort, so begegnen wir zuvörderst der Hornhaut d, an deren hinterer Fläche eine dünne feste Membran, die Haut der wässrigen Feuchtigkeit (Membrana humoris aquei s. Demoursii s. Descemetii), e, dicht angeheftet ist. Beide zusammen sind sehr durchsichtig und haben die Gestalt eines convex-concaven sammelnden Meniscus. Auf sie folgt die wässrige Feuchtigkeit (humor aqueus), f, welche außer Wasser nur etwas Kochsalz und sehr wenige organische Stoffe enthält (§. 473). Indem sie sich einerseits an die Membrana humoris aquei e und anderseits an die ungefähr ebene Iris g g anlegt, bildet sie, wie man sieht, eine fast planconvexe Linse. Anders dagegen gestalten sich ihre Verhältnisse gerade an der wichtigsten Stelle, nämlich an der Pupille h. Indem sie nämlich hier auf die vordere convexe Oberfläche der Krystalllinse i stößt, wird ihre hintere Seite concav und sie ist daher in dieser Beziehung eben so gut ein convex-concaver Meniscus, wie die Hornhaut mit der Membrana humoris aquei.

Den vorzüglichsten brechenden Körper aber stellt die Krystalllinse i dar. Sie gehört, wie man sieht, zu den biconvexen Linsen, hat aber die Eigenthümlichkeit, daß ihre Masse nicht gleichartig ist, sondern aus einer Reihe von Schichten besteht, welche gleich den Blättern einer Zwiebel (Fig. 125) um einander gelagert sind. Das Centrum derselben m, welches den Kern bildet, hat die größte Brechbarkeit. Diese nimmt aber um so mehr ab, je weiter wir nach der Oberfläche fortgehen. Die äußerste Linsenlage n mit dem zwischen ihr und der Linsenkapsel o befindlichen Humor Morgagni besitzen daher das geringste Refractionsvermögen. Hierdurch erhält aber die Linse die Fähigkeit, die Strahlen, je nachdem sie verschiedene Stellen derselben durchdringen, auf mannichfache Weise abzulenken. Geht z. B. ein Strahl p q durch den peripherischen Theil hindurch, so wird er in q r weniger gebrochen, als

Fig. 125.



wenn er als st auffällt und als tu heraustritt. Natürlich bildet der reine Achsenstrahl eine Ausnahme hiervon.

Hinter der Linse endlich haben wir ein neues brechendes Medium, nämlich den Glaskörper (Corpus vitreum) k (Fig. 124). Dieser hat, wenn man sich vorzugsweise nur an die tellerförmige Grube l, in welcher die Linse i eingefügt ist und den ihr diametral gegenüberstehenden Theil hält, die Form eines concav-converen Meniscus. Da der Radius seiner hinteren Krümmung oder seiner Convexität, welche unmittelbar an die Netzhaut stößt, wie wir sehen werden, größer ist als der Halbmesser der tellerförmigen Grube oder seiner Concavität, so bildet er auch in dieser Beziehung (nicht aber in Betreff seines relativen Refractionswerthes) eine Sammellinse (§. 1028). Alle brechenden Medien vereinigen daher die durch sie getretenen Lichtstrahlen in einen hinter ihnen gelegenen Punkt, wenn man sich jede von ihnen als eine isolirte Linse vorstellt.

Wir haben früher (§. 1030) gesehen, daß wir bei optischen Instrumenten ein Diaphragma, d. h. eine undurchsichtige und geschwärzte, mit einer in ihrer Mitte befindlichen Oeffnung versehene Platte vor der Sammellinse einschalten oder zwischen mehreren brechenden Medien einschieben, um die seitlichen Strahlen möglichst zu entfernen und den mittelst der centralen oder der ihnen nahe stehenden Lichtwellen erhaltenen Bildern eine größere Reinheit, Schärfe und Bestimmtheit zu verleihen. Eine solche Vorrichtung findet sich in in unserem Auge ebenfalls wieder. Die Iris nämlich, g Fig. 124, bildet ein Diaphragma der Art, dessen Centralöffnung durch die Pupille h dargestellt wird. Die eigentliche, an und für sich farblosere Regenbogenhaut ist schon ohnehin zum Theil undurchsichtig. Ueberdies aber haben wir an ihrer Hinterfläche eine starke Schwärzung, welche durch die als Traubenhaut besonders unterschiedenen Pigmentzellen bedingt wird. Sie ergänzt dann noch nach vorn die Bestimmung der Choroidea und vervollständigt auf diese Weise die dunkle Kammer des Auges. Bei unseren künstlichen Diaphragmen übt die Größe der Mittelöffnung, je nach der Verschiedenheit der Verhältnisse, auf die Deutlichkeit des Bildes einen wesentlichen Einfluß aus. Die Natur aber hat auch hier nicht ihr allgemeines Princip, ihre Werkzeuge zur mannichfachsten Auffassungsweise innerhalb gewisser Grenzen durch labile Vorrichtungen geschickt zu machen, verlassen. Indem nämlich die Regenbogenhaut in hohem Grade contractil ist und die Pupille hierdurch in ihrem Umfange verändert wird, kommt sie in die Kategorie eines Diaphragma mit variablen Größen der Oeffnung.

Da endlich diejenigen Lichtstrahlen, welche durch die Linse treten, den Glaskörper nur in einem Theile seines centralen Umfanges durchdringen, so findet sich noch auf ihm vorn in der Peripherie der tellerförmigen Grube eine untergeordnete Schwärzung, welche durch das System des Ciliarkörpers bedingt wird. Jedoch ist die speciellere Bestimmung des letzteren noch so gut als unbekannt. Auf dem senkrechten mittleren Längendurchschnitte des Auges scheinen diese Gebilde größtentheils nur durch die Masse

des Glaskörpers durch. Sie sind jedoch der größeren Deutlichkeit wegen in Fig. 124 bei mm vollständiger angegeben worden.

1037 Der Brechungsexponent der einzelnen Medien des menschlichen Auges ist von den verschiedenen Beobachtern der neueren Zeit auf ziemlich übereinstimmende Weise festgestellt worden. Da der der Atmosphäre, wenn man den des leeren Raumes = 1 setzt, zu 1,000294 wird, so können wir auch ohne wesentlichen Fehler den letzteren, wenn wir uns auf vier Decimalstellen beschränken, geradezu als Einheit zum Grunde legen. Die Brechkraft des Wassers gleicht dann 1,3358. Was aber die Augenmedien betrifft, so enthält die nachfolgende Tabelle die wichtigeren, in dieser Beziehung bekannt gewordenen Größen:

Theil des menschlichen Auges.	Brechungsexponent nach			
	Th. Young.	Chossat.	Brewster.	Mittel.
Hornhaut mit der Membrana humoris aquei . . .	—	1,33	—	1,33
Wässerige Feuchtigkeit .	—	1,338	1,3366	1,3373
Linsenkapsel	—	1,359	—	1,359
Aeußere Schichten der Krystallinse	—	1,338	1,3767	1,3573
Mittlere Schichten derselben	—	1,395	1,3786	1,3868
Kern derselben	1,4025	1,420	1,3999	1,4075
Krystallinse im Ganzen .	—	1,3843	1,3839	1,3841
Glaskörper	—	1,339	1,3394	1,3392

Halten wir uns nun an die Mittelwerthe, so finden wir die relativen Brechungsexponenten der einander benachbarten Augenmedien durch entsprechende Division der einzelnen absoluten Refractionsexponenten (§. 1015). Hiernach erhalten wir aber:

Aus der Atmosphäre in die Hornhaut $= \frac{1,33}{1,000294} =$ . . 1,3296
Aus dieser in die wässerige Feuchtigkeit 1,0055
Aus dieser in die Linsenkapsel 1,0163
Aus den letzteren in die äußeren Schichten der Krystallinse 0,9760
Aus dieser in die Mittelschichten der Linse 1,0217
Aus den letzteren in den Kern der Linse 1,0149
Aus der Krystallinse im Ganzen in den Glaskörper . . . 0,9676

Oder wenn wir die Linsenkapsel und die einzelnen Schichten der Linse außer Acht lassen:

Aus der Atmosphäre in die Hornhaut 1,3296
Aus dieser in die wässerige Feuchtigkeit 1,0055
Aus der letzteren in die Krystallinse 1,0350
Aus dieser in den Glaskörper 0,9676

Wir haben mithin nach den ersteren Bestimmungen einen Gesammt-

Brecherponenten aller Augenmedien von 1,3316, nach den letzteren einen solchen von 1,3377. Ziehen wir aus beiden das Mittel, so ergiebt sich 1,3346, d. h. der durchschnittliche Brechungsexponent der sämmtlichen Augenlinsen steht dem des destillirten Wassers sehr nahe.

Die Bestimmung der Refractionserponenten der optischen Medien des Auges stößt auf größere Schwierigkeiten, als sich auf den ersten Blick erwarten läßt. Das Nächste wäre, dieselben, sie seien fest oder flüssig, in Prismengestalt zu bringen und nun mittelst des Theodolithen den Einfallswinkel und den kleinsten Brechungswinkel zu bestimmen und aus den Sinus beider den Brechungserponenten zu berechnen[1]). Allein bei dem Humor aqueus, wo die Sache noch am leichtesten ginge, steht die geringe Menge desselben im Wege. Der Humor vitreus dagegen bietet noch andere bald zu erwähnende Hindernisse in dieser Beziehung dar. Aus der Linse ließe sich aber kaum ein Prisma von bestimmtem Winkel verfertigen, und noch weniger wäre dieses bei der Hornhaut möglich. Wollte man aber die Methode versuchen, die einzelnen brechenden Substanzen in andere flüssige Medien von genau derselben Refraction zu bringen und den Brechungserponenten der letzteren zu ermitteln, so könnten leicht durch die Einwirkung des Fluidum, selbst wenn dieses z. B. eine Eiweißlösung wäre, störende Trübungen bedingt werden. Jedoch wäre ein solches Bemühen wenigstens experimentell consequent zu versuchen, ehe sich ein absolutes Urtheil in Betreff desselben fällen läßt.

Chossat[2]) befolgte bei seinen Forschungen ein für flüssige und weiche Körper gültiges Verfahren, das zuerst von Euler theoretisch angegeben, später aber von Brewster praktisch ausgeführt worden. Er verfertigte sich nämlich aus den zu untersuchenden halbfesten organischen Medien planconcave Linsen, indem er sie zwischen einer ebenen Platte und der Objectivlinse eines zusammengesetzten Mikroskopes von bekanntem Radius = r zusammendrückte. Bei rein flüssigen Substanzen erreicht man diesen Zweck am einfachsten, indem man ein Quantum derselben auf die obere Seite des Objectivs tropft und das Ganze horizontal stellt. Untersuchte nun Chossat irgend einen Gegenstand, wenn sein Bild relativ am deutlichsten erschien und bestimmte hierauf die Entfernung des Objectivs vom Gegenstande = d und die Distanz des ersteren vom Diaphragma = e, so berechnete er den Brechungserponenten n nach der Formel $n = 2 - r\left(\frac{d+e}{dd}\right)$. Eine nähere Erläuterung dieses Verfahrens mit der Deduction der dazu gehörenden Formeln findet sich z. B. in A. Kunzek die Lehre vom Lichte nach dem neuesten Zustande der Wissenschaft, zunächst für das Bedürfniß gebildeter Stände dargestellt. Lemberg, Stanislawow und Tarnow. 1836. 8. S. 243—245.

Brewster[3]) gebrauchte bei seinen mit Gordon gemachten Bestimmungen prismatische Vorrichtungen, bei denen die Brechung unmittelbar mit Wasser verglichen wurde.

Man sieht leicht, daß die Ermittelung des Brechungserponenten der Hornhaut bei jeder der angeführten Methoden viele Schwierigkeiten darbieten müsse. Allein, wie auch die Resultate ausfallen mögen, so scheinen die Erfahrungen von Chossat darauf hinzudeuten, daß das Refractionsvermögen der Cornea nie das der äußeren Schichten der Krystallinse erreicht. So z. B. erhielt dieser Forscher:

---

[1]) Ueber diese Methoden für feste und flüssige Körper siehe z. B. J. B. Biot Lehrbuch der Experimentalphysik oder Erfahrungs-Naturlehre. Bearbeitet von G. Th. Fechner. Bd. IV. Zweite Auflage. Leipzig, 1829. 8. S. 261 und S. 265.

[2]) Bibliothèque universelle des sciences, belles lettres et arts. Genève. Tome IX. 1818. 8. p. 26—31.

[3]) The Edinburgh Philosophical Journal. Conducted by Brewster and Jameson. Vol. I. Edinburgh, 1819. 8. p. 42—45.

Brechungsexponent.	Mensch.	Bär.	Elephant.	Ochse.	Hahn.	Karpfen.
Der Hornhaut. .	1,33	1,35	1,34	1,34	1,35	1,35
Der äußeren Schichten der Krystallinse	1,338	1,383	1,369	1,375	1,383	1,374
Differenz	0,008	0,033	0,029	0,035	0,033	0,024

Der Brechungsexponent der Membrana humoris aquei des Menschen ist zwar bis jetzt noch unbekannt. Allein die von Chossat am Elephanten und dem Ochsen angestellten Untersuchungen gaben das Resultat, daß er nicht sehr von dem der Hornhaut abweicht. Es zeigte sich nämlich:

Brechungsexponent der	Elephant.	Ochse.
Hornhaut	1,34	1,34
Membrana humoris aquei	1,349	1,339
Differenz	+ 0,009	— 0,001

Diese Erfahrungen müssen aber überhaupt noch dahingestellt bleiben, wenn man bedenkt, daß sich aus der Haut der wässerigen Feuchtigkeit weder ein Prisma noch eine planconcave Linse mit Sicherheit verfertigen läßt und man sich daher hier höchstens an die Methode halten kann, den Refractionsexponenten durch den eines gleich stark brechenden flüssigen Mittels zu bestimmen. Dasselbe gilt von der Linsenkapsel. Schon ihre mikroskopischen Verhältnisse scheinen darauf hinzudeuten, daß sie das Licht stärker als die äußeren, schwächer dagegen als die tieferen Linsenschichten ablenke. Dieses Resultat erhielt auch Chossat bei seinen Erfahrungen am Menschen, obgleich Säugethiere und Vögel hiervon Ausnahmen ergaben:

Brechungsexponent.	Mensch.	Bär.	Elephant.	Ochse.	Hahn.
Linsenkapsel	1,359	1,369	1,349	1,357	1,354
Aeußere Schichten der Krystallinse	1,338	1,383	1,369	1,375	1,383
Differenz	+ 0,021	— 0,014	— 0,020	— 0,018	— 0,029
Mittlere Schichten der Krystallinse	1,395	1,396	1,387	1,403	1,387
Differenz	— 0,036	— 0,027	0,038	— 0,046	— 0,034

Nehmen wir aber auch an, das bei dem Menschen Statt findende Verhältniß sei unzweifelhaft, so ist der Unterschied, wie man sieht, keineswegs sehr bedeutend. Der relative Brechungsexponent der Linsenkapsel und der Krystallinse würde hiernach 1,0157 betragen.

Daß die Krystallinse geradezu wie eine vergrößernde Linse wirken könne, hat Brewster praktisch gezeigt. Er brachte Fischlinsen unverletzt in eine geeignete Fassung und erhielt durch ein solches Mikroskop, so lange die Krystallinse in den ersten Stunden nach dem Tode durchsichtig blieb, sehr klare und scharfe vergrößerte Bilder. Zu anderen Versuchen gebrauchte auch Hasenclever [1]) die Linse des Schweines in ähnlicher Art,

[3]) R. Hasenclever Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Ein Beitrag zur Theorie des Sinnenlebens. Berlin, 1842. 8. S. 69.

und ich selbst bediente mich mehrere Male der des Menschen und des Schaafes mit befriedigendem Erfolge. Wenn daher Hawksbee [1]) durch den Krystallkörper, welcher in dem Winkel eines Prisma eingeschlossen war, keine scharfen Bilder gewöhnlicher Gegenstände sehen konnte, so lag dieses wahrscheinlich in der Verschiebung der Linsenschichten oder der Trübung der Substanz derselben oder beiden Momenten zugleich. Ob ähnliche Erfahrungen, welche Chossat und Cauchoix [2]) an dem Glaskörper machten, wie diese Forscher glauben, von der Hyaloidea oder von anderen Nebenumständen abhingen, läßt sich vorläufig nicht bestimmen.

Eine zusammenstellende Tabelle einer Reihe von Brechungsexponenten der Medien der Augen von Menschen und Thieren findet sich auch in G. R. Treviranus Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen. 1828. Fol. S. 32.

Natürlicher Weise hängt die Art und Weise, wie die Lichtstrahlen der 1038
äußeren Gegenstände die verschiedenen Augenmedien durchdringen, nicht bloß von dem Brechungsexponenten, sondern auch von der Form der Linsen ab. Es handelt sich daher darum, deren Krümmungshalbmesser, ihre Abscissen und Ordinaten und ähnliche Bestimmungsglieder ihrer Gestalten und Größen so genau als möglich zu ermitteln. Bis jetzt bediente man sich in dieser Beziehung der unmittelbaren Messung theils unversehrter, theils durchschnittener möglichst frischer Augäpfel. Die Bestimmungen erfolgten mittelst des Cirkels oder, um eine größere Genauigkeit zu erzielen, unter einem schwach vergrößernden Mikroskope mittelst eines in das Ocular eingelegten Mikrometers oder daselbst befindlicher mikrometrischer Fäden. Die letztere Methode, welche Krause, wo es anging, gebrauchte, muß an und für sich zu genauen Resultaten führen. Allein da der Augapfel mindestens in Eiweißlösung während der einen längeren Zeitraum einnehmenden Bestimmung aufbewahrt werden muß, so wäre es möglich, daß hier durch Endosmose und Exosmose kleine Verschiebungen bedingt würden, welche auf das Endergebniß von Einfluß sein könnten.

Es läßt sich theoretisch annehmen, daß sich gegenwärtig ein Theil dieser Uebelstände durch den Gebrauch der Daguerrotypie beseitigen ließe. Hätte man z. B. das Profil der Cornea oder einen senkrechten mittleren Längendurchschnitt des Auges daguerrotypisch auf einer Metallplatte fixirt, so wäre man im Stande, diese mit Bequemlichkeit zur genaueren Messung unter dem Mikroskope zu gebrauchen. Ein vorzüglicher Uebelstand läge in der Verkleinerung des Bildes. Allein sie läßt sich durch geeignete Camerae obscurae bis auf einen gewissen Grad vermeiden. Während aber die an dem daguerrotypischen Bilde gefundenen Resultate die unmittelbaren Grundlagen für die Berechnung der Curven gäben, könnte man leicht, wenn man das Verhältniß der Größe des Bildes zu der des natürlichen Gegenstandes bestimmt, die wahren Werthe der einzelnen Durchmesser, Abscissen, Ordinaten u. dgl. bestimmen.

Schon der bloße Anblick eines frischen noch prallen Auges und vor- 1039

---

[1]) J. Pristley's Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft. Uebersetzt und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet von G. S. Klügel. Leipzig, 1776. 4. S. 129.

[2]) Chossat a. a. O. p. 29.

züglich nach demselben verfertigte Gypsabgüsse, welche man mit Wachs füllt und dann in verschiedenen Richtungen durchschneidet, zeigten deutlich, daß der Bulbus keine ganz vollständige Kugel bildet. Nach Krause[1]) stellt er vielmehr ein Ellipsoid dar. Die Hornhaut, welche in ihrer Mitte dünner als in ihrer Peripherie ist, krümmt sich an ihrer vorderen Fläche nach einer Kreisfläche, beschreibt dagegen mit ihrer Hinterfläche eine Parabel und gleicht deshalb einem convex-concaven Meniscus mit ungleichen Krümmungsflächen. Die Vorderfläche der Linse besitzt einen elliptischen, die hintere dagegen einen parabolischen Durchschnitt. Auch hier haben wir also ein biconcaves ungleich gekrümmtes Brechungsmedium. Hiernach muß die wässrige Feuchtigkeit in denjenigen Theilen ihrer Krümmungen, welche durch die hintere Seite der Hornhaut und die vordere der Linsenkapsel und des Humor Morgagnii bestimmt wird, einen convex-concaven Meniscus bilden und der Durchschnitt wird an seiner vorderen Seite einen Theil einer Parabel, an seiner hinteren dagegen eine noch unbekannte Curve beschreiben. Der Glaskörper endlich stellt ein Ellipsoid dar. Alle diese Data ergeben sich aus den Messungen von Krause, welche zum Theil unter dem Mikroskope vollführt worden sind und, wie wir durch die späteren Berechnungen finden werden, alles Vertrauen verdienen. Vielleicht geht es mit dem Auge wie mit der Erde und vielen anderen Naturkörpern, die zwar annähernd kugelrund oder elliptoidisch sind, deren Detailformen dagegen von jeder ganz regelmäßigen mathematischen Figur abweichen, oder die wenigstens bei ihren Bestimmungen die complicirtesten Formeln und Correctionswerthe erheischen.

Um in dieser Beziehung eine Reihe in der Folge anzuwendender numerischer Werthe zu haben, wollen wir aus der erwähnten Arbeit von Krause einige Zahlen von allgemeinerem Interesse ausziehen und hierbei zweierlei Tabellen entwerfen, von denen die erstere die generellen Bestimmungen, die letztere dagegen zwei einzelne gesunde Augen, welche genau gemessen worden sind, umfaßt.

I.

Theile.	Länge im Allgemeinen in Pariser Linien ausgedrückt.
Aeußere Augenachse, d. h. die von der Mitte der Hornhaut bis zu der der hinteren Wölbung der Sklerotica gezogene Linie.	10‴,2 bis 11‴,0 und häufiger unter 11‴,0.
Senkrechter Durchmesser zwischen Rectus superior und Rectus inferior.	10‴,1 bis 10‴,75.
Horizontaler, den vorigen rechtwinklich schneidender Durchmesser.	fast eben so.
Dicke der Sklerotica an dem hinteren Umfange des Augapfels.	0‴,5 bis 0‴,6.
Dicke derselben in der Mitte.	0‴,4 bis 0‴,45.

[1]) Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie. Bd. VI. Leipzig, 1832. 8. S. 86—120.

Theile.	Länge im Allgemeinen in Pariser Linien ausgedrückt.
Dicke derselben unter den Sehnen der geraden Augenmuskeln.	0''',25 bis 0''',30.
Dicke derselben gegen ihren vorderen Rand hin.	0''',33 bis 0''',40.
Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte.	0''',4 bis 0''',5.
Dicke derselben, 1/4 Linie von ihrem Rande entfernt.	0''',45 bis 0''',70.
Sehne des vorderen horizontalen oder äußeren Bogens der Hornhaut.	4''',6 bis 5''',6.
Sehne des senkrechten Bogens.	4''',5 bis 5''',0.
Differenz beider Sehnen.	0''',2 bis 0''',6.
Horizontale Sehne der hinteren Krümmung der Cornea.	4''',9 bis 5''',25.
Senkrechte und diagonale Sehne.	eben so viel.
Radius der Kreiskrümmung der vorderen Fläche der Hornhaut.	3''',8644.
Radius der Kugel des Kugelabschnittes der Vorderfläche derselben.	4''',2915.
Höhe des Halbmesserabschnittes.	0''',8106.
Durchmesser der Basis des Kugelabschnittes.	5''',02.
Größter Bogen desselben.	71° 35' 16''.
Parameter der parabolischen Krümmung der Hinterfläche der Hornhaut.	5''',0108 bis 6''',1443.
Parameter des Paraboloids, dessen Scheitelabschnitt die Hinterfläche der Hornhaut darstellt.	5''',7444.
Höhe desselben.	1''',0793.
Durchmesser der Basis.	4''',98.
Dicke der Choroidea nach Entfernung des Pigmentes.	0''',025.
Mit dem letzteren.	wenigstens noch ein Mal so dick.
Durchmesser des Loches der Aderhaut für den Durchgang des Sehnerven.	0''',9.
Entfernung der Fläche der Pupille von der Mitte der Hinterseite der Hornhaut.	0''',9 bis 1''',0.
Dicke der Iris und Uvea am Ciliarrande.	0''',1.
Desgleichen am Annulus major und in der Mitte.	0''',12 bis 0''',15.
Desgleichen am Annulus minor.	0''',15 bis 0''',25.
Dicke der Netzhaut in der hinteren Hälfte des Augapfels.	0''',066.
Desgleichen in der Mitte des Bulbus.	0''',033.
Höhe des Hügels des Sehnerven.	0''',3.
Durchmesser desselben.	0''',8 bis 1''',0.
Entfernung der Mitte desselben von dem hinteren Ende der inneren Augenachse.	1''',3 bis 1''',5.
Länge der Plica centralis retinae.	1''',4 bis 1''',8.
Höhe derselben.	0''',4 bis 0''',5.
Durchmesser der Linse.	3''',9 bis 4''',33.

Theile.	Länge im Allgemeinen in Pariser Linien ausgedrückt.
Achse oder Dicke derselben.	1‴,83 bis 3‴,1.
Unterschied der Entfernung des größten Durchmessers derselben von ihrer Vorderfläche und der Distanz von der Hinterfläche.	0‴,25 bis 0‴,50.
Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche [1]).	2‴,19 bis 3‴,49.
Desgleichen der hinteren Linsenfläche.	2‴,01 bis 2‴,70.
Durchmesser des Kernes der Krystalllinse.	2‴,0 bis 2‴,6.
Achse desselben.	0‴,6 bis 0‴,9.
Dicke der nächst weicheren Schicht, welche den Kern umgiebt.	0‴,2 bis 0‴,5.
Dicke der vorderen Wand der Linsenkapsel.	0‴,0166...
Achsenentfernung der Hinterwand der Linse von der Oberfläche der Netzhaut.	9‴,0 bis 9‴,9.
Achse des Glaskörpers.	4‴,8 bis 6‴,8.
Die drei halben Achsen des Ellipsoids des Glaskörpers.	5‴,12, 4‴,85 und 4‴,45.

II.

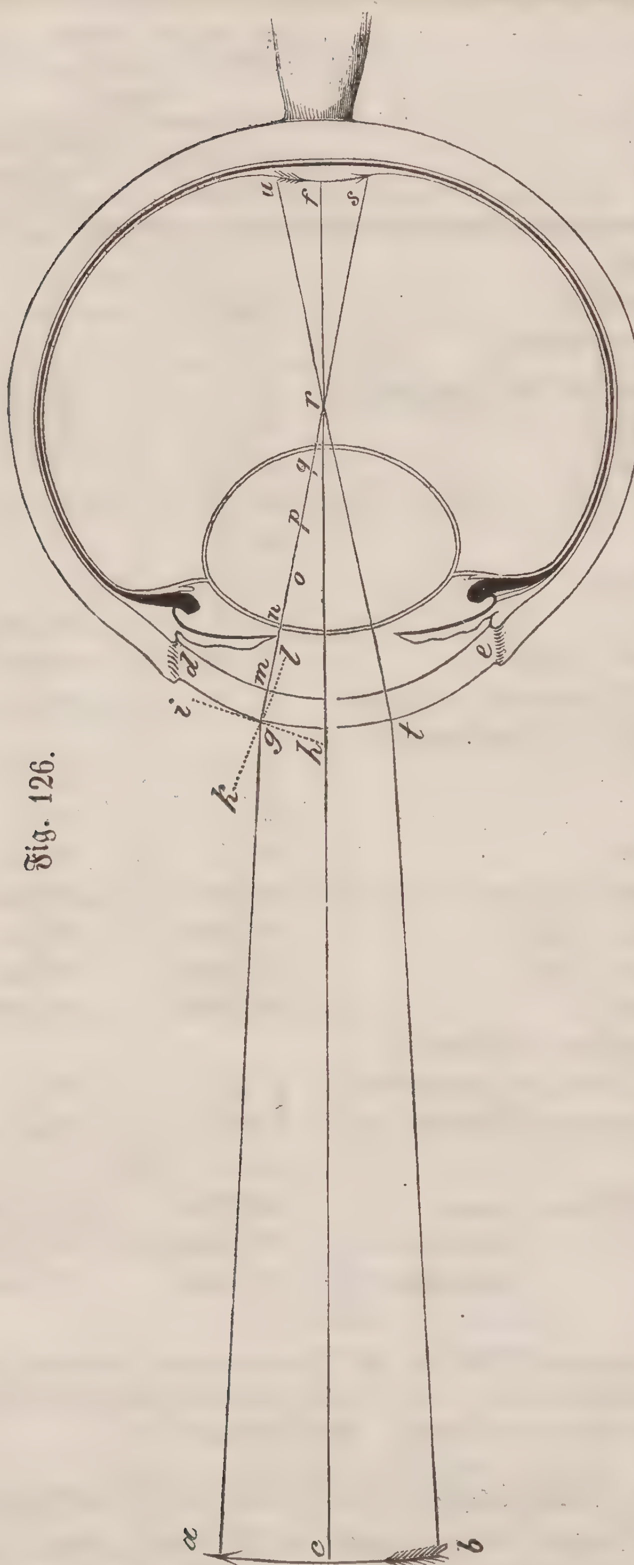
Theile.		In Pariser Linien ausgedrückte Specialmaaße des Auges	
		einer 50jährigen Frau.	eines starken 30jährigen Mannes.
Augapfel.	Achse, äußere.	10‴,2	10‴,9
	» innere.	9‴,0	9‴,85
	Durchmesser, horizontaler.	—	10‴,9
	» größter querer.	10‴,8	11‴,25
	» senkrechter, äußerer.	10‴,1	10‴,8
	» » innerer.	9‴,3	9‴,9
	Dicke, in der Mitte.	0‴,5	0‴,4
	» am Rande.	0‴,6	0‴,5
	Vordere Fläche: Grundlinie (Sehne).	5‴,0	4‴,6
	Höhe (Sinus versus).	0‴,85	0‴,64
	Hintere Fläche: Grundlinie.	4‴,9	5‴,1
	Höhe.	1‴,0	1‴,06
Hornhaut.	Radius der vorderen Krümmung.	4‴,0525	4‴,3524
	Grade ihres größten Bogens.	76° 12′ 10″	63° 48′ 2″
	Parameter der Hinterfläche.	5‴,6366	6‴,1443
Sklerotica.	Dicke, in der Augenachse.	0‴,6	0‴,55
	» am Querdurchmesser des Bulbus.	0‴,45	0‴,45
	» am vorderen Rande.	0‴,4	0‴,35
	Durchmesser des für den Sehnerven bestimmten Loches.	1‴,1	1‴,2

[1]) Diese und die vier nächsten Maaße sind nach Weingeistlinsen gegeben.

Theile.		In Pariser Linien ausgedrückte Specialmaaße des Auges	
		einer 50jährigen Frau.	eines starken 30jährigen Mannes.
Choroidea.	Dicke, in der Augenachse.	0‴,05	—
	» am Querdurchmesser.	0‴,03	—
	Durchmesser des Sehnervenloches.	0‴,9	—
Iris.	Entfernung der Pupille von der Hornhaut.	1‴,0	1‴,0
Netzhaut.	Dicke, in der Augenachse.	0‴,06	0‴,066
	» am Querdurchmesser.	0‴,03	—
	Centralfalte: Länge.	1‴,8	—
	Höhe.	0‴,4	—
	Markhügel des Sehnerven:		
	Höhe.	0‴,3	0‴,26
	Durchmesser seiner Basis.	0‴,95	1‴,2
	Abstand seines Mittelpunktes von dem hinteren Ende der Augenachse.	1‴,5	1‴,6
Krystalllinse.	Durchmesser.	4‴,0	4‴,1
	Achse.	3‴,1	2‴,0
	Höhe der vorderen Hälfte.	1‴,3	0‴,85
	» der hinteren Hälfte.	1‴,8	1‴,15
	Vorderfläche: halbe große Achse.	2‴,0484	2‴,05
	halbe kleine Achse.	1‴,6804	0‴,95
	Hinterfläche: Parameter.	3‴,2081	4‴,4920
	In der Augenachse gemessene Entfernung:		
	der Vorderfläche von der Hornhaut.	1‴,1	1‴,2
	der Hinterfläche von der Netzhaut.	4‴,8	6‴,65
Innere Wölbung des Augapfels:			
	Achsen des Ellipsoids derselben: große.	9‴,7999	10‴,2486
	kleine.	8‴,8355	8‴,9048
	senkrechte.	9‴,2686	9‴,7041

Eine Reihe anderer Maaßbestimmungen s. bei G. R. Treviranus Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge. S. 22 – 31. Vergl. auch Krause in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XXXI. S. 91.

Um nun den Gang der Lichtstrahlen im Auge zu verfolgen, 1040
wollen wir vorläufig alle Oberflächen der brechenden Medien, was ohne erheblichen Fehler geschehen kann, als sphärisch annehmen. Gesetzt nun, ein mit seiner Spitze a (Fig. 126) nach oben gerichteter Pfeil ab stehe so vor dem Auge, daß von allen seinen Punkten ausgehende Lichtstrahlen durch die Pupille hindurchdringen können, so treffen sie zunächst die Hornhaut de. Hier wird ein Theil derselben zurückgeworfen, während ein anderer durch jene durchgeht. Nur der Achsenstrahl cf wird bei dem symmetrischen Baue und der gleichförmigen Lage der sphärisch gedachten Augenmedien ungebrochen hindurchgehen. Alle anderen dagegen müssen eine mehr oder minder bedeutende Ablenkung erleiden. Der Strahl ag z. B., für den hi die Tangente und kl das Einfallsloth ist und der unter dem Winkel akg


Fig. 126.

auf die Hornhaut gelangt, wird, da diese einen sammelnden Meniscus darstellt und einen größeren Brechungsexponenten als die Atmosphäre besitzt, unter dem kleineren Refractionswinkel mgl die Cornea durchsetzen und in gm durch sie verlaufen. Tritt er alsdann durch die wässrige Feuchtigkeit, so wird er in keinem sehr bedeutenden Maaße abgelenkt. Denn einerseits ist der Brechungsexponent des Humor aqueus von dem der Hornhaut nicht sehr verschieden (§. 1037) und anderseits dürfte auch die eigenthümliche Krümmung des Meniscus der wässrigen Feuchtigkeit keine große Abweichung von dem früheren Wege bedingen. Hat er sie dagegen in der Richtung mn durchsetzt, so erleidet er schon in den äußeren vorderen Schichten der stärker brechenden Linse und noch mehr in dem Kerne eine Ablenkung no und op, die wiederum bei dem Durchtritte durch die hinteren und weicheren Lagen etwas geringer wird. Tritt er aber bei q in den Glaskörper ein, so findet wahrscheinlich wegen der schwächeren Refraction dieses Theiles des Auges eine geringe Divergenz Statt. Der Lichtstrahl geht daher in qrs fort und gelangt bei s auf die Oberfläche der Netzhaut. In gleicher Art verläuft der Strahl bt als btu und trifft in u auf die Retina. Auf analoge Weise fallen dann die Bilder aller zwischen a und c gelegenen Punkte zwischen s und f und eben so die von c nach b befindlichen von u nach f, d. h. das auf der Netzhaut sich abspiegelnde Bild wird in der Richtung von oben nach unten umgekehrt. Da aber auch dasselbe wegen der Kugelform des Auges und der Kreisgestalt der brechenden Medien von den seitlichen Theilen gilt, so haben wir in dem Netzhautbilde eine in jeder Flächenrichtung inverse Darstellung des natürlichen Objectes. Sollen alle Theile des letzteren

auf einer und derselben Fläche der Netzhaut wiederkehren, so kann das Bild nicht ganz eben sein, sondern muß die Curvenkrümmung der Retina, so weit es dieselbe berührt, nachahmen. Auch hierin findet also ein Unterschied, der freilich, wie sich später ergeben wird, mehr in den Hintergrund tritt, Statt.

Wir haben schon §. 1034 kennen gelernt, daß das Bild einer Sammellinse, deren Gegenstand jenseits der doppelten Brennweite derselben liegt, umgekehrt und verkleinert erscheint. Die Camera obscura lieferte uns einen praktischen Beleg dieses Verhältnisses. Da das Gleiche in unserem Auge wiederkehrt und der gemeinschaftliche Focus der brechenden Mittel desseben nicht sehr weit von diesen entfernt liegt, so müssen sich die Bilder der äußeren Objecte nicht bloß umgekehrt, sondern auch verkleinert abspiegeln.

Es versteht sich von selbst, daß jede Undurchsichtigkeit, welche den Durchtritt der Lichtstrahlen beschränkt oder hemmt, die Auffassung der Bilder hindern muß. Hierin liegt außer den Lähmungserscheinungen, welche die Empfänglichkeit der Netzhaut abstumpfen oder auf Null reduciren, die größte Gefahr für das Auge. Vertrocknet der Epithelialüberzug der Cornea, wie wir dieses bei Xerosis bulbi oder nach manchen Paralysen der Augennerven finden, so müssen die Lichtwellen durch ein trübes Mittel hindurchgehen. Es können daher nicht die Bilder, welche sich auf der Netzhaut abspiegeln, jene Deutlichkeit und Schärfe erhalten, die für das genaue Sehen erforderlich ist. Noch größere Gefahr droht von Seiten der Augenmedien selbst. Denn die meisten von ihnen scheinen ihre Durchsichtigkeit und ihre so genau berechneten optischen Eigenschaften nur dadurch erlangen zu können, daß ihre Masse sehr zart ist und sich leicht durch schädliche äußere Ursachen umändert und trübt. Jeder zu hohe Temperaturgrad, jede bedeutende chemische Einwirkung, jede Narbenverheilung der Hornhaut macht diese an den betreffenden Stellen milchweiß und undurchsichtig. Wird hierdurch aller Eintritt der Lichtstrahlen in's Auge abgeschnitten, so ist eine in der Regel unheilbare Blindheit die Folge solcher Verhältnisse. Es wäre möglich, daß die Aufhellung durch die Anwendung von schwachen Alkalien oder manchen alkalischen Salzen oder galvanischer Ströme, welche an ihrem negativen Pole alkalische Substanzen absetzen, gelänge. Allein die Hauptschwierigkeit liegt dann in der Zerstörung der Masse der Cornea, welche leicht nach Eingriffen dieser Art erfolgt. Die Natur selbst kann nur dadurch helfen, daß sie die undurchsichtigen in einem geronnenen Zustande befindlichen Theile der Hornhaut aufsaugt und durch neue durchsichtigere ersetzt. Hierauf beruht die Anwendung von örtlichen Reizmitteln, welche wir nicht selten bei Flecken oder Trübungen der Cornea versuchen. Daß übrigens auch ähnliche Leiden daraus hervorgehen können, daß sich Exsudate auf oder zwischen den Blättern derselben absetzen, bedarf keiner näheren Erläuterung.

Flottiren sehr kleine Körperchen in der wässerigen Feuchtigkeit, so trüben sie das Sehen mehr oder minder und kehren, wie wir später wahrnehmen werden, in dem subjectiven Gesichtsfelde wieder. Haben sich größere Massen von Blut, Exsudat, Eiter u. dgl. in der vorderen Augenkammer abgesetzt, so wirken diese fremden Substanzen ebenfalls als trübe Medien und hindern das Sehen, wenn sie das Durchdringen der Lichtstrahlen unmöglich machen.

Jede entzündliche Affection der Regenbogenhaut wird dadurch doppelt gefährlich, daß das Sehloch in Folge der Affection verwachsen oder die Eigenschaft der Iris als bewegliches Diaphragma zu dienen, mehr oder minder verloren gehen kann. Der letztere Fehler vermag auch schon durch Lähmungen der Ciliarnerven zu entstehen. Den Mangel des Sehloches aber kann eine künstliche, vor erneuerter Verwachsung geschützte Oeffnung aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, ersetzen.

Die Substanz der Krystalllinse zeigt in vielen Beziehungen eine fast noch größere Empfindlichkeit, als die der Hornhaut. Sie trübt sich sehr leicht durch höhere Temperatur, durch Säuren und sauere Salze. Es setzen sich dann an und zwischen den einzelnen Faserlagen kleine halbdurchsichtige bis undurchsichtige Körnchen ab, welche die Trübung der Substanz derselben noch erhöhen. Alle diese Veränderungen können auch krankhafter Weise eintreten. Die Linse verdunkelt sich alsdann und liegt als eine weißliche undurchsichtige Masse hinter der Pupille und macht es unmöglich, daß die Licht-

strahlen bis zur Netzhaut gelangen. Wir haben auf diese Art den grauen Staar (Cataracta lentis). Hier scheint sich in der Regel zuerst die Bindemasse der centralen Fasern und dann die Substanz der letzteren selbst zu trüben [1]). Indem der Proceß von der Mitte nach der Peripherie weiter fortschreitet, setzen sich feine Körnchen in immer größerer Masse ab. Es erscheinen selbst fremde Körper, wie Krystalle, Kalkkörnchen oder vollständige Knochenablagerungen, Eingeweidewürmer u. dgl. Nicht selten springt dabei die Linse in ähnliche, durch ihre Structur bestimmte Segmente, wie wir dieses häufig in Folge von Druck oder der Wirkung der Maceration und des kalten Wassers wahrnehmen. Sind umgekehrt im Leben Risse der Art entstanden, so ist eine Verdunkelung der Linse die gewöhnliche Folge des Leidens. Daß überhaupt die Klarheit derselben nur durch die fortwährende Einwirkung des Ernährungsprocesses zu Stande kommt, lehren die bedeutenden Trübungen, welche immer kurze Zeit nach dem Tode eintreten. Ihre Ursache scheint in der Säurebildung, welche den Fäulnißproceß begleitet, zu liegen. Für alle diese Einwirkungen sind die ausgebildetsten Linsenfasern, d. h. die centralen, am empfänglichsten.

Eine große Geneigtheit zu solchen Störungen der Durchsichtigkeit wird durch den Entwickelungsproceß der Linse selbst bedingt. Sie erhält nämlich im Normalzustande nach dem 25sten Lebensjahre eine gelbliche Färbung, die später immer mehr zunimmt, bis sie endlich in höherem Alter vollkommen bernsteingelb wird. Wie schon Petit bemerkte, findet sich diese Eigenthümlichkeit gleich der des gelben Fleckens der Netzhaut einzig und allein bei dem Menschen [2]) (und vielleicht einzelnen Affen). Auch werden wir in der Folge eine Hypothese kennen lernen, welche diese Uebereinstimmung zu erklären sucht. Eine solche Veränderung muß aber schon die Bildung des grauen Staares begünstigen. Gesellt sich nun noch ein minder lebhafter Ernährungsproceß und eine größere Geneigtheit, unorganische Substanzen abzusetzen, wie dieses bei alten Leuten der Fall ist, hinzu, so wird die Erzeugung der Cataracte in höheren Jahren, was auch die Erfahrung bestätigt, vorzugsweise begünstigt sein. Wie die Linse selbst, so können auch Verdunkelungen der Linsenkapsel, sogenannte reine Kapselstaare, zu ähnlichen Störungen des Sehens Veranlassung geben [3]).

Sind die Trübungen der Linsensubstanz nur partiell, so erscheinen sie bisweilen der Structur der Linse entsprechend regelmäßig vertheilt, so daß reguläre helle Stellen zwischen ihnen übrig bleiben. Jeder undurchsichtige Theil wirkt daher wie ein Diaphragma und jeder hellere Zwischenraum gleich einer gesonderten Oeffnung. Es muß mithin ein Lichtbündel, welches durch die Pupille auf die Krystalllinse ausstrahlt, in eine Menge einzelner Portionen abgeschnitten werden, so daß sich kein einfaches, sondern eine Reihe undeutlicher Bilder auf der Netzhaut darstellt. Solche Menschen sehen daher nicht bloß die Gegenstände unklar, sondern auch vervielfacht [4]).

Eine eigenthümliche, nach Verschiedenheit der Bedingungen abweichende Art von Spiegelungserscheinungen tritt sowohl bei diesen Krankheitszuständen als in dem Normalverhältnisse des Auges hervor. Hält man ein brennendes Licht in einer bestimmten Entfernung vor der convexen Oberfläche eines Uhrglases, so erscheint das Bild desselben grade, während es sich, wenn die Flamme vor der concaven steht, umgekehrt darstellt. Befindet sie sich vor zwei Uhrgläsern, welche linsenartig combinirt worden, so sieht man eine grade und eine verkehrte Abbildung. Die letztere verschwindet, so wie man die hintere Fläche der Verbindung trübt, die erstere dagegen nach gleicher Behandlung der vorderen. In dem gesunden Auge des Menschen können vier Spiegelungsbilder, nämlich drei grade und ein verkehrtes der ähnlichen Verhältnisse wegen erzeugt werden. Jene rühren dann von den beiden Oberflächen der Hornhaut und der Vorderfläche der Krystalllinse, dieses von der Hinterfläche der letzteren her (Purkinje). Erweiterung der Pupille begünstigt natürlich die Erscheinungen, während die Verengerung derselben

---

1) J. Vogel Icones Histologiae pathologicae. Lipsiae, 1843. 4. p. 125. Tab. XXVI. Fig. 8. C. G. T. Ruete klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Erstes Jahresheft. Braunschweig, 1843. 8. S. 183. 184.

2) S. Th. v. Soemmerring Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Umgearbeitet und beendigt von E. Huschke. Leipzig, 1844. 8. S. 787.

3) S. G. Hoering Ueber den Sitz und die Natur des grauen Staares. Heilbr., 1844. 8.

4) R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 389. Ruete a. a. O. S. 185.

sie undeutlicher macht (Sanson) [1]). Daß das Ausbleiben des einen Bildes behufs der Diagnose von Trübungen, welche in der vorderen oder der hinteren Wand der Linse ihren Sitz haben, benutzt werden könne, versteht sich von selbst.

Der Glaskörper verhält sich in den hier zu betrachtenden Punkten ähnlich wie die wässerige Feuchtigkeit. Da er im Erwachsenen von keinem größeren Blutgefäßstamme, wie im Fötus, durchdrungen wird, so setzen sich höchstens kleine Körperchen in ihm ab oder seine Gesammtmasse erleidet eine störende Verdunkelung. Inwiefern übrigens alle solche Verhältnisse das Brechungsvermögen der Augenmittel abändern, ist noch gänzlich unbekannt.

Der Mangel des Choroidealpigmentes hebt natürlich die Absorption der durch die Netzhaut durchdringenden Lichtstrahlen auf. Es muß daher schon nur mäßiges Licht blendend wirken. Wir sehen dieses auch bei Albinos, welche immer die Augen behufs größerer Beschattung stark zusammenkneifen oder jedes irgend bedeutende Licht geradezu zu ertragen außer Stande sind. Setzen sich Ausschwitzungsmassen, welche in Folge einer Entzündung der so gefäßreichen Choroidea entstehen, zwischen dieser und der Netzhaut ab, so wird hierdurch nicht nur der dunkele Grund des Auges in seinem Aussehen modificirt und mit einer grünlichen Färbung versehen, sondern auch die Netzhaut auf diese Art verrückt und in Folge des Druckes atrophisch gemacht und gelähmt. Es bildet sich daher der grüne Staar oder das Glaucom aus [2]). Aehnliche abweichende Farbennuancen des Augengrundes haben wir auch bei beginnenden Markschwammentartungen und analogen Leiden des Sehnerven, der Netzhaut u. dgl.

Die Richtigkeit dieser Deduction läßt sich an dem noch frischen Auge 1041
jeder menschlichen Leiche nachweisen. Präparirt man dasselbe vollkommen frei, schneidet ein Stückchen aus der Sklerotica nach außen von dem Sehnerven und in gleichem Niveau mit diesem heraus und entfernt an dieser Stelle die Choroidea, nicht aber die Netzhaut, so spiegelt sich eine Lichtflamme, welche ungefähr 8 bis 12 Zoll vom Auge entfernt ist und deren Strahlen durch die Pupille dringen, sehr schön in einem umgekehrten scharfen und verkleinerten Bilde auf der Retina ab. Ist diese dagegen verletzt, so daß der hintere Theil des Glaskörpers die Auffassungsmasse darstellt und der matte Grund fehlt, so bleibt auch das Bild im Ganzen oder wenigstens mit aller nöthigen Schärfe aus. Selbst an menschlichen Augen, welche schon einige Tage alt und deren Cornea sogar deshalb bedeutend getrübt war, brachte ich auf diese Weise ein ziemlich helles Bild der Kerzenflamme in einem verdunkelten Zimmer zu Stande. Es wurde bedeutend schärfer, sobald die vordere Fläche des Auges mit einer Schicht reinen Wassers bedeckt war und verlor in gleichem Maaße, als dieses verdunstete, an Schärfe. Man hat also zugleich auf diese Art einen unmittelbaren Beweis, wie sehr die Thränen den Act des Sehens verdeutlichen können.

Noch besser gelingen solche Versuche, wenn man die Augen unmittelbar vorher getödteter Thiere, z. B. von Kaninchen nimmt. Hierzu sind nicht gerade Albinos nöthig. Auch braune Thiere leisten dieselben Dienste, wenn man nur die Choroidea an der künstlich gemachten Skleroticallücke

[1]) J. E. Purkinje Commentatio de examine physiologico organi visus et systematis cutanei. Vratislaviae, 1823. 8. p. 21. 28. Tab. I Fig. 1—5. Repertorium Bd. IV. 1839. 8. S. 335. 36.

[2]) J. L. C. Schröder van der Kolk Anatomisch Pathologische Opmerkingen over de Onsteking van eenige inwendige Deelen van het Oog, en bizonder over Choroiditis als Oorzaak. Utrecht, 1841. 4. Tab. I. Fig. III.

vorsichtig und ohne Verletzung der Retina entfernt. Man ist dann im Stande, das Bild eines Fensterkreuzes, eines Schlosses, eines gegenüberstehenden Hauses und dgl. sehr scharf umgekehrt und verkleinert schon bei gewöhnlichem Tageslichte zu erhalten. Hat aber das Auge nur einige Stunden nach dem Tode gelegen, oder ist die Oberfläche der Cornea vertrocknet, so verliert die Darstellung an Schärfe und Deutlichkeit.

Zu demselben Resultate gelangt man, wenn man die Grundverhältnisse des Auges nachbildet. Einen recht geeigneten Apparat der Art, der auch noch zu anderen demonstrativen Zwecken brauchbar wird und in Fig. 127 in einem mittleren senkrechten Längendurchschnitte dargestellt ist, hat Gerber construirt. Eine mit einem unteren Stiele a versehene Schuhmacherlampe b wird mit Weingeist gefüllt. Sie hat an ihrer späteren Hinterwand einen matten Grund, der am einfachsten durch ein aufgeklebtes trockenes und dünnes Stück Bauchfell oder Pleura c d erzielt wird. Als Hülle derselben dient eine vollkommen geschwärzte Kapsel, welche aus einer vorderen und einer hinteren Hälfte besteht. Jene e f g h verlängert sich in ihrer Mitte zu einem Rohre i f′ g′ k, das ebenfalls geschwärzt in seiner vorderen Oeffnung eine schwach biconvexe Glaslinse i′ l k′ trägt. An dem oberen Rande seines hinteren Endes befindet sich ein Ausschnitt, in welchen mit verschieden großen Oeffnungen und Spalten versehene Kartenblätter m n oder Diaphragmen als Repräsentanten der Iris eingeschoben werden können. Die hintere Hälfte der schwarzen Umhüllungskapsel hat einen irisförmigen Ausschnitt o p, welcher dem matten Grunde c d entspricht. Behufs des besseren Verschlusses existirt noch ein aus Pappendeckel verfertigter schwarzer hohler Stiel a, Fig. 128, welcher sich in zwei seitliche Blätter b und c verlängert und den Vereinigungsrand der vorderen und der hinteren Hälfte der Umhüllungskapsel deckt. Seine obersten Theile d e werden dann durch einen schwarzen aus Pappe bestehenden Deckel q r s, Fig. 127, zusammengehalten.

Fig. 127.

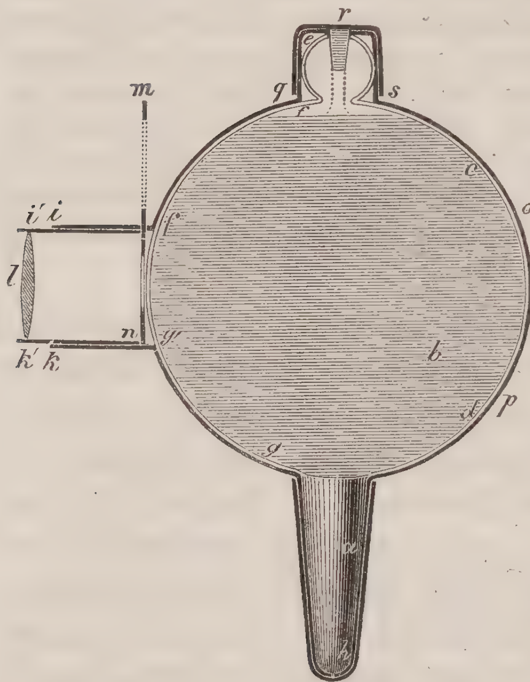


Fig. 128.



Der Durchmesser der Schuhmacherlampe betrug bei der von mir gebrauchten Vorrichtung 12 Centimeter, der der Pupille 1 Centimeter und der Focus der vorn angebrachten biconvexen Linse 9 Centimeter. Das Sehloch konnte zu anderen später zu erwähnenden Zwecken bis zu einem Diameter von 3 Millimeter verkleinert werden. Eben so vermochte man vorn statt der erwähnten biconvexen Linse eine solche von 6 Centimeter Focaldistanz einzufügen.

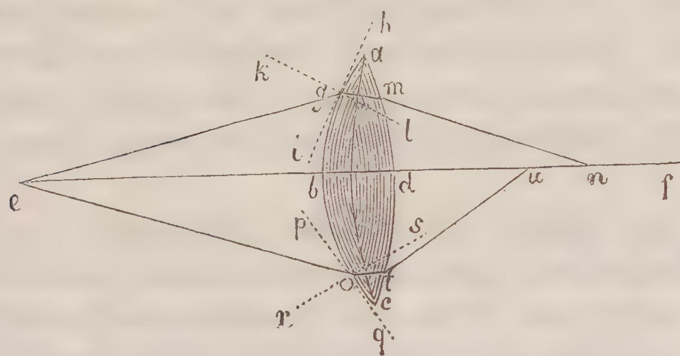
Läßt man nun die Lichtstrahlen eines Gegenstandes mittelst dieses Apparates durch die Linse und die Pupille fallen, so erhält man ein umgekehrtes Bild desselben, das an der matten thierischen Haut erscheint. Man kann das letztere auf diese Art von einem Fenstergitter, einem gegenüberstehenden Hause, ja eines beträchtlichen Theiles einer Landschaft bei hellem Tageslichte bis in die kleinsten Details bekommen. Auch die Farben der Objecte geben sich meist im Ganzen, wenn man die gehörige Entfernung von ihnen sowohl, als von seinem eigenen Auge getroffen hat, befriedigend rein wieder. Da der Brechungsexponent des Wassers 1,3358, der des Alkohols dagegen 1,372 ist, so kann man auch im Nothfalle die Schuhmacherlampe mit dem ersteren Medium füllen. Unter sonst gleichen Verhältnissen erhalten dann die Bilder naher Gegenstände eine hinreichende Schärfe, während die entferntern Objecte verwischter erscheinen, jedoch etwas bestimmter werden, wenn sich die Distanz des eigenen Auges von dem Apparate vergrößert.

Dreht man die Weingeistkugel so, daß nicht ihre mit dem matten Häutchen überzogene Fläche, sondern ein anderer Theil derselben vor der hinteren Oeffnung der Kapsel liegt, so erhält man keine Darstellung äußerer Gegenstände. Man erzeugt dagegen Halbbilder derselben, wenn sich nur die Hälfte der matten Haut vor der hinteren Oeffnung der schwarzen Umhüllung befindet.

Auch die Verkleinerung oder Vergrößerung der Spiegelbilder läßt sich mittelst desselben Apparates unmittelbar zeigen. Die Bäume einer entfernteren Landschaft stellen sich sehr verkleinert dar. Etwas größer, doch immer noch in sehr verringertem Maaßstabe erscheinen die Fenster eines gegenüberstehenden Hauses und noch größer die Stäbe eines Fenstergitters der Stube, in welcher wir experimentiren. Das Bild wird aber um so verwischter, je mehr wir die Vorrichtung dem Objecte nähern, bis es endlich gänzlich verschwindet. Daß alle diese Darstellungen umgekehrt sind, versteht sich von selbst

Der eigenthümliche Bau der Krystalllinse, nach welchem dieses Organ 1042
aus concentrischen Schichten von verschiedener Dichtigkeit und ungleicher Brechkraft besteht, erfordert noch bei diesen Verhältnissen eine besondere Untersuchung. Wir haben nämlich bis jetzt nur die Centralstrahlen, d. h. bloß solche berücksichtigt, welche mit der Achse der Linse so kleine Winkel bildeten, daß sie bei der Deduction ohne erheblichen Fehler unberücksichtigt bleiben konnten. Dieses vorausgesetzt erhielten wir für jede Sammellinse eine und dieselbe positive Vereinigungsweite, in welcher alle gebrochenen Strahlen zusammentreten. Ganz anders verhält sich aber die Sache, wenn die Neigungen gegen die Achse so groß werden, daß man sie berücksichtigen muß, und sie daher keine bloßen centralen, sondern, wie man sich ausdrückt, Randstrahlen sind. In diesem Falle rückt ihre Vereinigungsweite, sowohl bei Sammel- als bei Zerstreuungslinsen, den letzteren um so näher, je mehr der Strahl von der Achse entfernt ist. Gesetzt also, abcd sei ein biconvexes, aus zwei gleichen, aber entgegengesetzten Kugelflächen bestehendes Refractionsmedium, und ef seine Achsenverlängerung, so wird ein Strahl eg, wenn hi die Tangente und kl das Einfallsloth ist, unter dem Winkel egk in die Linse eintreten, in der Richtung gm durch dieselbe hindurchgehen und dann als mn verlaufen, mithin in n die Achsenverlängerung ef schneiden. Ein Strahl eo dagegen, welcher einen größeren Winkel mit der Achsenverlängerung bildet (so daß $\angle$ beo $>$ $\angle$ geb) und daher einen entfernteren Randstrahl darstellt, wird in pq seine Tangente, in rs sein Einfallsloth und in eor seinen Einfallswinkel haben. Dieses ist aber größer als ekg, weil o an dem Kreisbogen coga weiter von der Mitte entfernt liegt als b. Folglich wird auch die Brechung ot stärker sein als es gm war. Es muß daher tu in u die Achsenverlängerung früher schneiden als mn, d. h. der Abstand der Vereinigungsweite des mehr entfernten Randstrahles von der Linse wird geringer als der des näheren ausfallen.

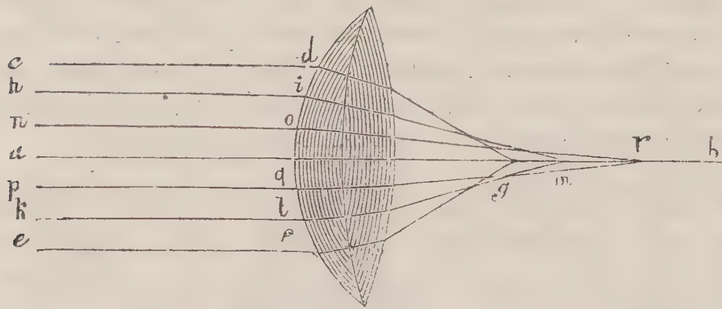
Fig. 129.



Wir haben in Fig. 129 ein Beispiel, in welchem die Strahlen aus

einer endlichen Entfernung eb kommen. Denken wir uns aber die Distanz sehr groß, so werden die benachbarten Strahlen unter so kleinen Winkeln dahingehen, daß man sie ohne Fehler als parallel ansehen kann. Auch für diesen Fall bleibt das angeführte Theorem gültig. Wenn z. B. ab die Achsenverlängerung darstellt, so durchsetzen cd und ef die Achsenverlängerung in g, hi und kl in m und no und pq in r. Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von successiven Punkten, welche die differenten Randstrahlen bilden. Die Curve, welche durch die Durchschnittspunkte der ungleich abgelenkten näheren und entfernteren Randstrahlen beschrieben wird, heißt die durch Brechung entstandene Brennlinie.

Fig. 130.



1043 Da nur dann, wenn alle Strahlen in Einem Punkte zusammentreten, deutliche Bilder entstehen, so müssen die Unterschiede in den Vereinigungsweiten der Randstrahlen eine Unklarheit der Darstellung erzeugen. Man nennt dieses in der Optik die sphärische Aberration. Sie fällt natürlich um so größer aus, je gekrümmter die Oberflächen der Linsen sind, d. h. je größere Bogenabschnitte eines Kreises mit kleinerem Radius sie besitzen. Wir können ihr aber außer den schon früher (§. 1030) erwähnten Mitteln, durch welche wir überhaupt die nicht centralen Strahlen zu eliminiren suchen, auf zweierlei Wegen entgegenarbeiten.

1) Ist das Refractionsmedium gleichartig aus einer und derselben Substanz zusammengesetzt, so daß der Brechungsexponent an allen Stellen derselbe bleibt, so kann nur eine genaue Berechnung compensirender Curven die sphärische Aberration verkleinern. Eine Linse, bei welcher diese Correction ihr Maximum erreicht, heißt eine solche von der besten Form. Oder

2) Die größere Brechung am Rande wird dadurch aufgehoben, daß das Medium hier einen entsprechenden geringeren Refractionsexponenten hat. Natürlicher Weise kann auf diesem Wege das Zusammentreffen der verschiedenartigen Randstrahlen in eine Vereinigungsweite erzielt werden. Es muß aber dann die Brechkraft von dem Centrum nach der Peripherie der Linse ganz allmälig abnehmen, wenn das Desiderat vollständig erlangt werden soll.

Eine genaue Realisation des letzteren Problemes ist dem Optiker so gut als unmöglich. Die Natur dagegen löst zunächst diese Aufgabe auf das Exacteste, indem sie in der Linse eine sehr große Zahl mikroskopisch dünner Schichten um ihren Mittelpunkt legt und deren Brechkraft nach der Peripherie hin stetig abnehmen läßt. Ein Randstrahl wird daher, je weiter er von der Achse entfernt ist, um so weniger gebrochen und erhält deshalb auch vermuthlich dieselbe Vereinigungsweite wie der stärker abge-

lenkte centralere Strahl. Ueberdies sind elliptische Oberflächen, wie sie die Vorderfläche der Krystalllinse darbietet, am meisten geeignet, die sphärische Aberration gänzlich zu verhüten. Es können mithin alle Bilder, sie gehen durch welche Stelle der Krystalllinse sie wollen, auf die Netzhaut fallen. Ob eine ähnliche Ausgleichung durch die verschiedenen Krümmungsarten der vorderen und der hinteren Fläche der Cornea erzielt wird, ob sie eine Linse von bester Form darstellt oder ob ihre einzelnen Lamellen, was minder wahrscheinlich sein dürfte, differente Brechkräfte haben, ist bis jetzt unbekannt. Eben so wenig wurde noch auf streng optischem Wege erhärtet, ob nicht die gegenseitige Combination der Augenmedien die sphärische Abweichung im Ganzen in ähnlicher Art unmöglich macht, wie wir dieses bei optischen Instrumenten durch die Combination mehrerer ungleich brechender Medien zu erreichen suchen. Daß die Vollkommenheit, mit welcher die Natur Alles einrichtet, für eine solche Annahme spreche, versteht sich von selbst.

Die polyzonalen Linsen, welche z. B. Fresnel für Leuchtthürme an- 1044
gegeben, um das Licht intensiver zu erhalten und weiter zu verbreiten, bestehen aus entsprechend gekrümmten Medien, welche um einander gelagert und deren Krümmungsflächen dergestalt berechnet sind, daß ihre Brennpunkte in einen Ort zusammenfallen. Diese Einrichtung macht aber noch einen Nebenvortheil möglich. Die Oeffnung einfacher Linsen nämlich, d. h. der Winkel, unter welchem die beiden Endpunkte ihres Durchmessers von ihrem Brennpunkte aus erscheinen, darf nicht mehr als 10° bis 12° oder höchstens 15° betragen, wenn die Randstrahlen keine Störung verursachen sollen. Bei den Fresnel'schen polyzonalen Linsen dagegen gleicht sie ohne Schaden 40°. Es läßt sich durch Berechnung zeigen, daß die Natur bei der Krystalllinse des Menschen die gleichen günstigen Verhältnisse benutzt, indem hier die Oeffnung ungefähr zwischen 45° und 50° zu schwanken scheint. Mit dieser polyzonalen Natur derselben hängt es vielleicht zusammen, daß ihr Focus trotz der verschiedenen Entfernungen der Gegenstände immer der Gleiche bleiben soll (Adda und Haldat).

Schon Peltier[1]) versuchte eine Formel für den Durchgang der Strahlen durch die geschichtete Linse des Menschen und der Thiere aufzustellen. Später beschäftigte sich G. R. Treviranus mit diesem Gegenstande auf ausführliche Weise. Siehe dessen Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. Fol. S. 13 fgg. und seine Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Bd. I. Heft I. Bremen, 1836. 8. S. 1—80. Vergl. dagegen R. Kohlrausch über Treviranus' Ansichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne, namentlich in Beziehung auf dessen Ansichten über die blättrige Textur der Krystalllinse als Grund dieses Vermögens. Rinteln, 1836. 4. S. 5 fgg.

Was die Oeffnung der Linse betrifft, so sei die letztere, die wir uns als sphärisch denken wollen, a b c d. Ihr Durchmesser a c gleicht, wenn wir uns an die §. 1039 verzeichneten Maaße von Krause halten, nach dem einen Auge 4''',0, nach dem anderen 4''',1. Folglich e c = 2''',0 bis 2''',05. Ihre Achse b d war in jenem = 3''',1, in diesem dagegen 2''',0, und zwar betrug in dem ersteren Falle e b = 1''',3 in dem letzteren = 0''',85,

---

[1]) Nach Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1369.

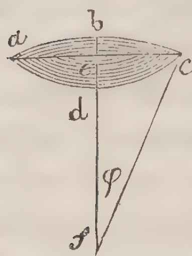


Fig. 131.

während d e = 1''',8 und 1''',15 glich. Denken wir uns nun die Linse als sphärisch, so hätte sie in dem ersteren Auge einen Radius ihrer vorderen Krümmung = 2''',1885 und einen solchen ihrer hinteren = 2''',0111 (§. 1045). Gesetzt nun, f d sei ihre Hauptbrennweite und 1,3841 ihr Brechungsexponent, so haben wir nach §. 1045

$$fd = \frac{2{,}1885 \times 2{,}0111}{0{,}3841 \times (2{,}1885 + 2{,}0111)} = 2''',7285.$$

Mithin $ef = 2''',7285 + 1''',8 = 4''',5285.$

Es ist aber

$$\text{tang. } \varphi = \frac{ec}{ef} = \frac{2{,}0}{4{,}5285} = \text{tang. } 23^\circ\ 49'\ 42''.$$

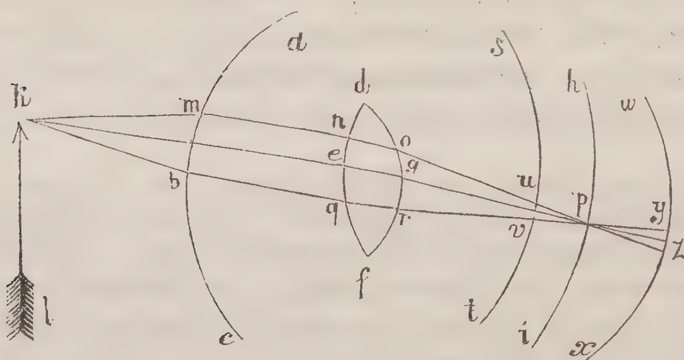
Es glich daher die Oeffnung der Linse 47° 39′ 24″.

In dem zweiten Auge erhalten wir als Radius der vorderen Linsenkrümmung 3''',3220 und als solchen der hinteren 2''',4022. Dieses giebt eine Hauptbrennweite von 3''',6296. Der Oeffnungswinkel beträgt hiernach 46° 25′ 46″.

Die Angabe von Brewster [1]), daß der Focus der menschlichen Linse 1,73 engl. Zoll = 19,479 pariser Linien betrage, kann nur auf einem Schreib- oder Druckfehler beruhen. Läßt man ein entferntes Bild, z. B. eines Fensterkreuzes durch ein auf geeignete Weise aufgestelltes Glasprisma und dann durch eine in eine gehörige Fassung gebrachte Krystalllinse des Menschen oder eines Schaafes durchgehen, so wird man leicht finden, daß die Hauptbrennweite, wie es die Rechnung ergiebt, 3'''—4''' beträgt. An der nicht mehr vollkommen hellen eines 40jährigen Mannes fand ich sie 14 Stunden nach dem Tode durch unmittelbare Beobachtung zu ungefähr 3''',5.

1045 Das auf der Netzhaut erscheinende Bild wird sich nur dann vollkommen rein und klar darstellen, wenn alle von einem jeden Punkte des äußeren Gegenstandes ausgehenden Strahlenkegel durch die verschiedenen Medien des Auges so gebrochen werden, daß sie sich wiederum auf der Retina in einem und demselben Punkte sammeln. Geschieht dieses nicht, so muß auch die Deutlichkeit des Bildes hierunter leiden, indem dann sogenannte Zerstreuungskreise entstehen. Halten wir uns z. B. an die Hauptbrechungsmedien des Auges, so sei a b c die Hornhaut, d e f g die Krystalllinse, h i der gegenüberliegende Theil der Netzhaut und k l ein äußerer sichtbarer Gegenstand, so werden die äußersten Lichtbündel, welche von dem Punkte k ausgehen, die gebrochene Bahn k m n o p und k b q r v durchlaufen und sich in einem Punkte p wieder vereinigen. Fällt dieser gerade auf die Netzhaut h i, so wird auch k vollkommen scharf und deutlich gesehen werden können. Gesetzt aber, die Retina läge nicht in h i, sondern in s t, d. h. vor dem Durchkreuzungspunkte p, so müssen wir statt eines Correspondenzpunktes p die Ausdehnung u v haben. Denken wir uns aber alle von k ausgehenden Lichtbündel in Gestalt eines Kegels,

Fig. 132.



---

1) D. Brewster populäres vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Hartmann. Quedlinburg und Leipzig. Bd. II. 1835. 8. S. 74.

der in k seine Spitze hat, so muß uv einem größeren Kreise, als der materielle Punkt p ist, entsprechen und daher einen Zerstreuungskreis darstellen. Das Gleiche wird der Fall sein, wenn die Netzhaut wx hinter p liegt. Die Strahlen weichen in py und pz aus einander, und wir erhalten einen Zerstreuungskreis yz.

Die Vereinigungsweite p der von k kommenden Lichtstrahlen ist nur für parallele Strahlen, d. h. solche aus einer unendlichen Entfernung constant, wechselt dagegen mit jeder endlichen Distanz des Objectes. Denken wir uns nun die Theile des Auges unveränderlich, so muß es bestimmte Grenzen der Entfernung geben, in welchen das Bild der Gegenstände genau entsprechend auf die Netzhaut fällt, während diesseit oder jenseit dieses Abstandes Zerstreuungskreise entstehen. Man nennt jene passende Distanz die **mittlere Sehweite.**

Mehrere Forscher suchten schon früher den Abstand der Vereinigungsweite der Bilder äußerer Gegenstände von der Hornhaut oder der Linse aus den Größen der einzelnen Gebilde des Auges und den Brechungsexponenten derselben zu ermitteln. Bestimmungen der Art wurden schon von Klügel, Hutton, Olbers und Muncke versucht. Siehe Pristley's Geschichte der Optik. Uebersetzt von Klügel. Zweiter Theil. Leipzig, 1776. 4. S. 465. 66. Cajetani Poor Theoria sensuum cum propriis tum proratissimorum nostrae aetatis philosophorum rationibus ac experimentis illustrata et confirmata. Pestini, 1781. 8. p. 140. 41. H. W. M. Olbers de oculi mutationibus internis. Gottingae, 1780. 4. p. 4. 5. Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. S. 1366—67. Bei allen diesen Bemühungen aber sind nur die Hornhaut mit der wässerigen Feuchtigkeit und die Krystalllinse berücksichtigt, der geschichtete Bau der letzteren dagegen außer Acht gelassen und die Oberflächen der sämmtlichen brechenden Medien als sphärisch angesehen worden. Da der relative Brechexponent der Cornea in den Humor aqueus = 1,0055 ist (§. 1037), so betrachtete man beide als Ein Medium. Ebenso beträgt, wie wir angeführt haben, der absolute Refractionsexponent des Humor aqueus 1,3373 und der des Glaskörpers 1,3392. Es gleicht mithin der relative Brechungsexponent des ersteren in den letzteren nur 1,0014. Aus diesem Grunde sah man das Verhältniß so an, als trete der Lichtstrahl nach seinem Durchgange durch die Krystalllinse in dasselbe Medium, aus dem er früher gekommen, zurück.

Halten wir uns nun zunächst an die von Olbers gebrauchten Formeln, welche auch von Muncke unverändert in Anwendung gezogen worden, so seien:

Der Halbmesser der Hornhautkrümmung . . . . = ϱ
der Radius der vorderen Linsenoberfläche . . . . . . = r
der der hinteren Linsenkrümmung . . . . = h
die Achse der Linse . . . . = a
die Entfernung der Vorderfläche der Hornhaut von der Oberfläche der Linse . . . . = e
die Distanz der sichtbaren Gegenstände von der Oberfläche der Cornea . . . . = d
der Brechungsexponent aus der Luft in die Hornhaut . . = n
und der des Humor aqueus oder vitreus in der Linse . . = m

Gingen die aus einer endlichen Entfernung d her kommenden Strahlen nur durch die Hornhaut und die wässerige Feuchtigkeit, so hätte man für ihre Vereinigungsweite γ den Werth

$$\gamma = \frac{n\,d\,\varrho}{(n-1)\,d-\varrho}.$$

Bezeichnet man aber die Distanz dieses Punktes von der Vorderfläche der Linse mit x, so ergiebt sich:

$$x = \gamma - e.$$

Nach dem Durchtritte der Strahlen durch die Krystalllinse zeigt sich dann als die Vereinigungsweite z:

$$z = \frac{m x r h - (m-1) a x h - r h a}{m(m-1) x r - (m-1)^2 x a - (m-1) r a + m(m-1) x h + m r h.}$$

Oder, wenn der Werth für parallele Strahlen oder solche aus unendlicher Entfernung

$$\frac{m r h - (m-1) h a}{(m-1) m r - (m-1)^2 a + m(m-1) h} = \frac{\alpha}{\beta}, \text{ so ist}$$

$$z = \frac{\alpha x - r h a}{\beta x - (m-1) r \alpha + m r h.}$$

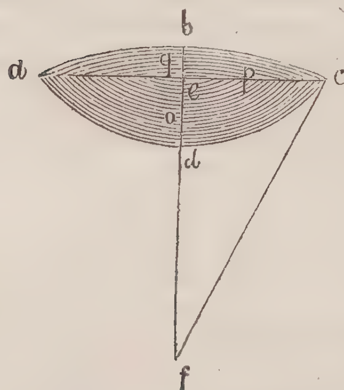
Nun stellt z die Entfernung der Vereinigungsweite der Strahlen von der Vorderfläche der Linse dar. Die von der Vorderfläche der Hornhaut gleicht daher

$$v = z + a + e.$$

Man sieht leicht ein, daß diese Bestimmung ihrer nicht adäquaten Voraussetzungen wegen nur höchst ungefähre Werthe liefern könne. Obgleich daher Olbers manche für seine Rechnung sehr günstige Zahlen, z. B. für den relativen Brechungsexponenten der Linse $\frac{13}{12} = 1{,}0833\ldots$ zum Grunde legt, so erhält er doch für die Vereinigungsweite bei parallelen Lichtstrahlen 0,8997 engl. Zoll = 10,1302 paris. Linien (0,0393708 engl. Zoll = 0,443296 paris. Linien), für 27 Zoll Entfernung 0″,9189 = 10,3464 par. Linien, für 8 Zoll Distanz 0″,9671 = 10,8891 par. Linien und für 4 Zoll Entfernung 1″,0426 = 11,7392 par. Linien. Nun zeigten sich als das Maximum der äußeren Augenachse 11‴,0, als die mittlere Dicke der Sclerotica in dem hinteren Umfange des Bulbus 0″,55, als die der Choroidea wenigstens 0‴,05 und als die der Netzhaut 0‴,063. Hieraus ergäbe sich eine nothwendige Vereinigungsweite von 11‴,0 — (0‴,55 + 0‴,05 + 0‴,063) = 10‴,337, d. h. es würden erst 27 Zoll die gehörige Sehweite bilden, wenn man selbst die vortheilhaftesten anatomischen Verhältnisse des Auges voraussetzt. Aehnlich fallen auch die früheren Resultate von Klügel aus. Muncke, welcher minder günstige Grundwerthe festsetzt, kommt sogar für 10 pariser Zoll Entfernung auf 11‴,957.

Versucht man die Rechnung nach den neueren genaueren anatomischen und physikalischen Daten anzustellen, so werden die Ergebnisse noch abweichender. Halten wir uns z. B. zunächst an das oben angeführte (§. 1039), von Krause genau ausgemessene Auge einer 50jährigen Frau, welches dieser Forscher für vollkommen normal erklärt, so müssen wir zuvörderst die beiden Krümmungshalbmesser der als sphärisch gedachten Krystalllinse zu bestimmen suchen. Gesetzt, diese sei a b c d, ihr halber Durchmesser = e c = p, die halbe Höhe ihrer Vorderfläche = e b = q, der gleiche Werth ihrer Hinterfläche = e d = o und der Radius ihrer vorderen Krümmung a b c wäre als b f = c f = r, so haben wir $r^2 = p^2 + ef^2 = p^2 + (r-q)^2$. Hieraus folgt dann $r = \frac{p^2 + q^2}{2q}$. Eben so wird der Halbmesser der hinteren Krümmungsfläche $= s = \frac{p^2 + o^2}{2o}$. Nun war in dem angeführten Auge p = 2‴,0; q = 1‴,3 und o = 1‴,8. Hieraus ergiebt sich daher:

Fig. 133.



Halbmesser der vorderen Linsenkrümmung . . .	= r = 2‴,1885
Radius der hinteren Linsenkrümmung	= h = 2‴,0111
Halbmesser der Krümmung der Hornhaut . . .	= ϱ = 4‴,0515
Achse der Krystalllinse	= a = 3‴,10
Entfernung der Vorderfläche der Hornhaut von der Oberfläche der Linse	= e = 1‴,10
Brechungsexponent aus der Luft in die Hornhaut	= n = 1,3296
Refractionsexponent aus dem Humor aqueus und vitreus in die Linse	= m = 1,0350.

Berechnen wir hieraus zuvörderst die beständigen Werthe, welche in den obigen Gleichungen vorkommen, so erhalten wir:

$$n\varrho = 5{,}38687 \text{ (log. } n\varrho = 0{,}7313368).$$

$\alpha = 4{,}31789$ (log. α = 0. 6352716).
$\beta = 0{,}1545593$ (log. β = 0. 1890951 — 1).
r h a = 13,6440.
m r h — (m — 1) r a = 4,31789.

Nach diesen Daten erhalten wir aber für die Vereinigungsweite von parallelen Strahlen, die aus einer unendlichen Entfernung [1]) kommen, und solchen, die von Abständen vom Auge von 120, 60, 40, 30, 20, 10 und 5 auffallen, folgende Werthe:

In pariser Linien ausgedrückte Entfernung von der Vorderfläche der Hornhaut		
	der Vereinigungsweite nach der Brechung	
des Gegenstandes.	durch die Hornhaut und die wässerige Feuchtigkeit = γ	durch Cornea Humor aqueus und Linse = v
unendlich	16,3437	12,0180
1440 (= 120″)	16,4844	12,0833
720 (= 60″)	16,6275	12,1493
480 (= 40″)	16,7732	12,2161
360 (= 30″)	16,9215	12,2836
240 (= 20″)	17,2259	12,4208
120 (= 10″)	18,2089	12,8529
60 (= 5″)	20,5547	13,8052

Nun glich:
die äußere Augenachse des Bulbus . . . . = 10‴,2
die Dicke der Sklerotica in der Augenachse . . . . = 0‴,6
die der Choroidea in derselben . . . . = 0‴,05
die der Netzhaut derselben . . . . = 0‴,06
Wir erhalten daher für
die Entfernung der Oberfläche der Netzhaut von der
Vorderfläche der Hornhaut in der Augenachse . = 10‴,2 — (0‴,6 + 0‴,05 + 0‴,06) = 9‴,49.

Es erscheint daher nach dieser Berechnung eine Abweichung von 12‴,0180 — 9‴,49 = 2‴,528 oder ungefähr ¼ des ganzen geforderten Werthes selbst für den günstigsten Fall, d. h. für parallele Strahlen.

Daß aber nicht diese abweichenden Resultate von fehlerhaften Dimensionsbestimmungen des Auges herrühren können, erhellt daraus, daß die Resultate nicht besser werden, wenn man die Mittelwerthe der von Krause gegebenen allgemeinen Dimensionen zum Grunde legt. Es ist nämlich dann:

---

[1]) Wir hatten $\gamma = \frac{n\,d\,\varrho}{(n-1)\,d - \varrho}$. Folglich ist $(n-1)\,d\gamma - \gamma\varrho = n\,d\varrho$ und $(n-1)\,\gamma - \frac{\gamma\varrho}{d} = n\,\varrho$. Wird nun die Distanz = d unendlich groß, so ist $\frac{\gamma\varrho}{d} = 0$, und daher $(n-1)\,\gamma = n\,\varrho$ und $\gamma = \frac{n\,\varrho}{n-1}$. Dieser Werth folgt übrigens auch schon aus den in §. 1033 angeführten Formeln. Da aber parallele Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Hornhaut und die wässrige Feuchtigkeit convergent gebrochen werden, so bleiben die übrigen Formeln für die weitere Berechnung die gleichen, wie für die Vereinigungsweite von Strahlen, welche aus einer bestimmten endlichen Distanz einfallen.

$\varrho = 3''',8644.$ $a = 2''',465.$
$r = 2''',84.$ $e = 1''',15.$ $m = 1,0350.$
$h = 2''',355.$ $n = 1,3296.$

und daher:

$n\varrho = 5,13810.$ $rha = 16,4864.$
$\alpha = 6,71911.$ $mrh - (m-1)\,ra = 6,67727.$
$\beta = 0,185169.$

Man erhält hiernach:

für 4 Zoll Entfernung $\gamma = 21''',1078$ und $v = 14''',721.$
für 6 Zoll Entfernung $\gamma = 18''',6212$ und $v = 13,7952.$
für 8 Zoll Entfernung $\gamma = 16''',6077$ und $v = 13,3666.$

Das Maximum der äußeren Augenachse aber beträgt 11''',0. Zu dem gleichen widersprechenden Ergebnisse gelangt man an dem zweiten oben angeführten Auge eines 30jährigen Mannes, welches von Krause specieller gemessen worden. Nimmt man für n nicht den Brechungsexponenten der Hornhaut (= 1,3296), sondern den der wässerigen Feuchtigkeit (= 1,3373), so erhält man auch hierdurch keine Verbesserung des Ganzen. Denn man bestimmt dann für jenen Bulbus $\gamma = 16''',4753$ und $v = 12''',2761$ bei 40 Zoll Entfernung. Uebrigens ist auch schon Senff bei der Combination der Krause-schen Angaben mit den Olbers'schen Formeln auf die gleichen Widersprüche gekommen.

Legt man die Zahlen von Treviranus [1]), welche das Auge eines 30jährigen Selbstmörders betreffen, zum Grunde, so erhält man zwar günstigere, aber doch immer noch bedeutend abweichende Resultate. Es ist dann:

$\varrho = 3''',39$ $h = 2''',08$ $e = 0''',89$
$r = 2''',6$ $a = 2''',10$ $n = 1,3296$ $m = 1,0350.$

Dieses giebt:

$n\varrho = 4,50735$ (log. $n\varrho = 0.6359207$).
$\alpha = 5,44432$ (log. $\alpha = 0.7359436$).
$\beta = 0,16696$ (log. $\beta = 0.2226124-1$).
$rha = 11,3568.$
$mrh - (m-1)\,ra = 5,40618.$

Es resultirt hiernach für den Abstand der Vereinigungsweite paralleler Strahlen von der Hinterfläche der Linse 7''',77741. Die gemessene Distanz von dieser bis zur Oberfläche der Netzhaut glich aber nach Treviranus 7''',0.

Fassen wir aber die Voraussetzungen, auf welche sich die Olbers'schen Formeln stützen, schärfer ins Auge, so wird nach ihnen angenommen, daß die Hornhaut, die wässerige Feuchtigkeit und der Glaskörper das gleiche Brechungsvermögen besitzen, also gewissermaßen nur Ein Medium darstellen, in welchem die Linse als ein biconvexer Körper von stärkerer Refractionskraft an einer bestimmten Stelle eingeschaltet ist. Man sucht daher zuerst den Werth von γ als die Vereinigungsweite der durch die Vorderfläche der Hornhaut abgelenkten Strahlen und hält sich dann nur an die Linse als die einzig brechende Masse. Die besonderen Wirkungen der Dicke der Hornhaut und der Gestalt des Humor aqueus wird ganz außer Acht gelassen. Es geht auf diese Art eine in der Wirklichkeit bestehende Sammelkraft verloren, so daß es nicht befremden kann, wenn die berechnete Vereinigungsweite hinter die Netzhaut fällt. Wollen wir aber diesen Uebelstand vermeiden, so müssen wir auch die Form des Meniscus, welchen der Humor aqueus bildet, zunächst berücksichtigen. Insofern die Lichtstrahlen in das Innere des Auges treten, ist dieser kein anderer, als die Hinterfläche der Hornhaut und die Vorderfläche der Linsenkapsel. Er erhält hierdurch eine convex-concave Gestalt. Wie es scheint, wäre es das einfachste, die Krümmung der Vorderfläche der Linse als die Aushöhlung des Meniscus des Humor aqueus anzusehen. Allein eine solche Annahme würde uns nur zu neuen Irrthümern führen. Denn der liquor Morgagnii liegt als eine flüssige nachgebende Masse zwischen der Linsenkapsel und den äußeren Schichten der Linsensubstanz und erzeugt im Leben Curven, welche wir an dem nach dem Tode durchschnittenen Auge nie mehr auffinden können. Daß diese Voraussetzung richtig sei, lehrt der Erfolg der Berechnung, die wir sogleich vornehmen werden. Dann legen wir den bald zu erwäh-

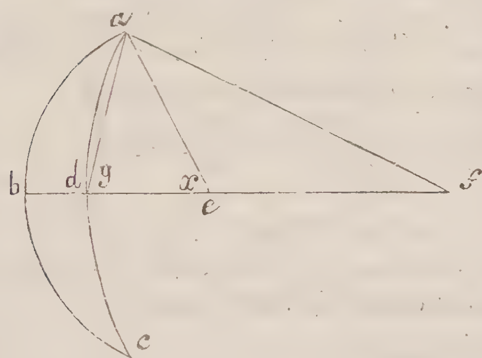
---

[1]) Beiträge S. 23.

nenden Formeln den Halbmesser der Krümmung der Vorderfläche der Linse als den Radius der Concavität des Humor aqueus zu Grunde, so erhalten wir wieder von der Wirklichkeit abweichende Resultate. Wir müssen daher dieses unerläßliche Vordatum der Berechnung auf anderem Wege zu ermitteln suchen. Hierzu führt uns eine einfache Betrachtung, deren Wahrheit durch die Richtigkeit der Endergebnisse bekräftigt wird.

Untersuchen wir nämlich die Regenbogenhaut des Auges eines lebenden Menschen oder Thieres, z. B. eines Pferdes, so sehen wir, daß sie nicht senkrecht wie eine gerade Scheidewand herabhängt, sondern eine schwache Convexität bildet. Diese wird durch die Ausfüllung der hinteren Augenkammer mit wässeriger Feuchtigkeit und den liquor Morgagnii der Linse zum Theil oder gänzlich verursacht. Wie dem aber auch sei, so richtet sich nach ihr die Concavität des Meniscus der wässerigen Feuchtigkeit in der vorderen Augenkammer. Nun liegt zwar die Vorderfläche der Linsenkapsel nicht in, sondern ungefähr $\frac{1}{10}$ Linie hinter der Pupille. Allein abstrahiren wir hiervon — und der Erfolg rechtfertigt ebenfalls diese nicht ganz begründete Annahme — so können wir den Halbmesser der Concavität der wässerigen Feuchtigkeit auf folgendem Wege finden. Gesetzt, abcd sei der sphärisch gedachte Meniscus und ae der Radius der Krümmung abc, x ein bekannter Winkel, bd der Abstand der beiden Bogen abc und adc in der Mitte von einander, so können wir, wenn der Mittelpunkt von abc, nämlich e, mit dem von adc in einer geraden Linie bf liegt, den Radius af von adc durch Rechnung finden. Denn in dem Dreiecke ade sind uns die Seiten ae und de = be — bd, so wie der Winkel x bekannt. ad und der Winkel y lassen sich hiernach berechnen. Haben wir aber diese beiden Werthe, so ergiebt sich dann bald der gesuchte Halbmesser af aus dem gleichschenkeligen Dreiecke adf.

Fig. 134.



Wenden wir nun dieses auf den Meniscus der wässerigen Feuchtigkeit an, so hatten wir in dem von Krause gemessenen ganz gesunden Auge der 50jährigen Frau als den Radius der Hornhaut 4''',0515. Die Dicke derselben in der Augenachse aber glich 0''',5; folglich ist be = 3''',5515. Der Abstand der Vorderfläche der Cornea von der der Linse betrug 1''',10. Mithin bd = 1''',10—0''',5 = 0''',6, und daher de = 3''',5515 — 0''',6 = 2''',9515. Der größte Bogen der Hornhaut war 76° 12' 10''. Daher x = $\frac{1}{2}$ (76° 12' 10'') = 38° 6' 5''. Es ist daher in dem Dreiecke ade

$$\frac{180^0 - 38^0\,6'\,5''}{2} = 70^0\,56'\,57'' \text{ und}$$

$$\text{tang. n} = \frac{0{,}6 \times \text{tang. } 70^0\,56'\,57''}{6{,}503} = \text{tang. } 14^0\,57'\,33''.$$

Da nun ae > bd, so erhalten wir:

$$y = m + n = 85^0\,54'\,30''.$$

Es ergiebt sich aber ferner:

$$\text{ad} = \sqrt{\left(\frac{7{,}103 \times 5{,}903 \times \sin.^2 19^0\,3'\,3''}{\sin.^2 \text{tot.}} + 0{,}36\right)} = 2''',1971.$$

Setzen wir nun in dem gleichschenkeligen Dreiecke adf den Halbmesser df = af = σ, so haben wir, da ∠ y = ∠ dae,

$$\sigma = \frac{2{,}1971 \times \sin.\,85^0\,54'\,30''}{\sin.\,8^0\,12'\,0''} = 15''',3646.$$

Wir können nun die Hornhaut mit dem Humor aqueus als einen Meniscus ansehen, dessen Convexität den Halbmesser der Vorderfläche der Hornhaut = ϱ = 4''',0515 und dessen Concavität den der wässerigen Feuchtigkeit = σ = 15''',3646 zum Radius hat. An diesen Meniscus ist die biconvexe stärker brechende Krystallinse unmittelbar angeschlossen. Die Zusammenfügung ist daher die gleiche, wie die einer Flint- und Crownglaslinse, und die ganze Berechnung kann nach der für unmittelbar an einander geheftete Doppellinsen angenommen werden. Hierbei bleibt aber der Werth von σ immer positiv, weil die Lichtstrahlen aus dem Humor aqueus in das stärker brechende Medium

der Linse übergehen. Dagegen müssen wir für die letztere nicht den Brechungsexponenten in Verhältniß zur Luft, sondern den relativen in Beziehung zum Humor vitreus, den wir in dieser Hinsicht der Einfachheit wegen dem der wässerigen Feuchtigkeit gleich setzen, nehmen, weil die Strahlen hinter der Linse nicht in die Atmosphäre, sondern in den Glaskörper treten.

Nennen wir nun
den Radius der Krümmung der Vorderfläche der Hornhaut . . . $= \varrho = 4''',0515$
den der hinteren des Humor aqueus . . . . $= \sigma = 15,3646$
die Achse des Meniscus . . . . $= \alpha = 1''',10$
den mittleren Brechungsexponenten von Cornea und Humor aqueus . . . . $= n = 1,3336$
den Radius der Vorderfläche der Krystallinse . . . . . $= r = 2''',1885$
den der Hinterfläche derselben . . . . $= s = 2''',0111$
ihre Achse . . . . $= a = 3''',10$
und ihren mittleren relativen Brechungsexponenten . . . $= m = 1,0350$,

so haben wir [1]), wenn p die Entfernung der Vereinigungsweite von der Hinterfläche der Krystallinse bildet, für parallele Strahlen oder solche aus unendlicher Entfernung

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \frac{(n-1)^2\alpha}{\varrho^2 n} + \left[(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+\frac{m-1}{r}\right]^2\frac{\alpha}{m}.$$

Kommen dagegen die Strahlen aus einer endlichen Entfernung $= d$, so ist:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{\alpha}{n}$$
$$+\left[\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right]^2 \times \frac{a}{m}.$$

Berechnen wir nun wiederum zuvörderst mit Eintragung der oberen Zahlen der constanten Werthe, welche in diesen Gleichungen vorkommen, so haben wir:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,1040522.$$
$$(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) = 0,0333961.$$
$$\frac{n-1}{\varrho} = 0,082340.$$
$$\log.\ \frac{\alpha}{n} = 0,9163671 - 1.$$
$$\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r} = 0,1200449.$$
$$\log.\ \frac{a}{m} = 0,4764214.$$

Da aber die Entfernung der Vereinigungsweite des Bildes von der Vorderfläche der Hornhaut $= v = p + \alpha + a = p + 3''',1 + 1''',1$ ist, so ergeben sich für sie die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Werthe. Das durch Messung gefundene Aequivalent derselben glich $9''',49$.

---

[1]) Die nähere Deduction dieser Formeln, bei welchen die Werthe mit höheren Potenzen außer Acht gelassen worden, siehe z. B. in A. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung. Supplementband, den mathemathischen und experimentellen Theil enthaltend. Wien, 1831. 8. S. 593.

In pariser Linien ausgedrückte		
Entfernung von der Vorderfläche der Hornhaut		Differenz des gemessenen Abstandes der Oberfläche der Hornhaut von der der Netzhaut und dieses Werthes der Berechnung nach.
des Gegenstandes von dem Auge hinweg.	der Vereinigungsweite nach der Netzhaut hin.	
unendlich	9,5704	0,0804
1440 (= 120″)	9,5876	—
720 (= 60″)	9,6047	—
480 (= 40″)	9,6219	—
360 (= 30″)	9,6390	—
240 (= 20″)	9,6731	—
120 (= 10″)	9,7759	—
60 (= 5″)	9,9798	—
48 (= 4″)	10,0805	—
24 (= 2″)	10,5608	—

Rechnung und Beobachtung weichen daher nur um 0‴,08 oder $\frac{9,49}{0,08} = \frac{1}{118}$ bis $\frac{1}{119}$ des geforderten Werthes von einander ab. Die Grenze der Richtigkeit der zum Grunde gelegten Maaßbestimmungen ist nach Krause's eigener Angabe 0‴,05.

Versuchen wir die gleiche Ermittelung an dem zweiten von Krause gemessenen Auge eines 30jährigen Mannes vorzunehmen, so erhalten wir zwar etwas minder übereinstimmende, aber immer noch äußerst befriedigende Ergebnisse. Der Halbmesser der Krümmung der Vorderfläche der Hornhaut betrug hier 4‴,3524. Nehmen wir wieder ihre Dicke = 0‴,5 an, so haben wir (Fig. 134) ae = 3‴,8524. Der Abstand der Vorderfläche der Hornhaut von der Pupille [1]) glich 1‴,0; folglich de = 3‴,8524 — (1‴,0 — 0‴,5) = 0‴,3524. Der größte Hornhautbogen war 63° 48′ 2″. Mithin x = 31° 54′ 1″. Wir erhalten hiernach y = 87° 41′ 54″; ad = 2‴,0374 und af = ϱ = 25,3652. Berücksichtigen wir nun die schon oben (§. 1044) berechneten Radien der Krystallinse und die anderen hierher gehörenden unmittelbar gemessenen Werthe, so haben wir:

$\varrho = 4''',3524.$ $\quad v = 3''',3220.$ $\quad n = 1,3336.$
$\sigma = 25''',3652.$ $\quad s = 2''',4022.$ $\quad m = 1,0350.$
$\alpha = 1''',0.$ $\quad a = 2''',0.$

Hieraus ergiebt sich:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,0897991.$$

$$(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) = 0,0251058.$$

$$\frac{n-1}{\varrho} = 0,0766474.$$

$$\log.\ \frac{\alpha}{n} = 0,8749744-1.$$

$$\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r} = 0,1003349.$$

$$\log.\ \frac{a}{m} = 0,2860897.$$

[1]) Ich legte diesen Abstand zum Grunde, weil sonst y > 90° wird.

Die gemessene Größe ist nach der §. 1039 angeführten Tabelle 10''',9 — (0''',55 + 0,05 + 0,066) = 10''',234. Durch die Berechnung erhalten wir, wenn v = p + 2''',0 + 1''',2 ist, folgende Zahlen:

In pariser Linien ausgedrückte		
Entfernung von der Vorderfläche der Hornhaut.		Unterschied des gemessenen und des berechneten Werthes.
des Gegenstandes.	der Vereinigungsweite des Bildes.	
unendlich.	10,4065	0,1725
1440 (= 120'')	10,4246	
720 (= 60'')	10,4426	
480 (= 40'')	10,4607	
360 (= 30'')	10,4787	
240 (= 20'')	10,5145	
120 (= 10'')	10,6206	
60 (= 5'')	10,8260	
48 (= 4'')	10,9247	
24 (= 2'')	11,3650	

Wir haben also hier einen Unterschied der Rechnung und Beobachtung = 0''',1725 oder $\frac{10,234}{0,1725} = \frac{1}{59}$ des verlangten Werthes. Allein selbst diese kleinen Differenzen lassen sich noch eliminiren, wenn wir statt des mittleren Brechungsexponenten der Hornhaut und des Humor aqueus den der wässrigen Feuchtigkeit allein annehmen. Ohnedies ist der Refractionswerth der Cornea, wie wir früher sahen (§. 1037), der verhältnißmäßig am wenigsten genau bestimmte. Es ist dann:

1) in dem Auge der 50jährigen Frau n = 1,3373, $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) =$ 0,105206; $\frac{n-1}{\varrho} = 0,083253$; log. $\frac{\alpha}{n} = 0,9151639 - 1$ und $\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0,1211987$. Da die übrigen Werthe unverändert bleiben, so erhalten wir für parallele Strahlen v = 9''',5107. Der Unterschied des beobachteten und des berechneten Resultates gleicht dann nur 0''',02 oder $\frac{1}{474}$ des Werthes.

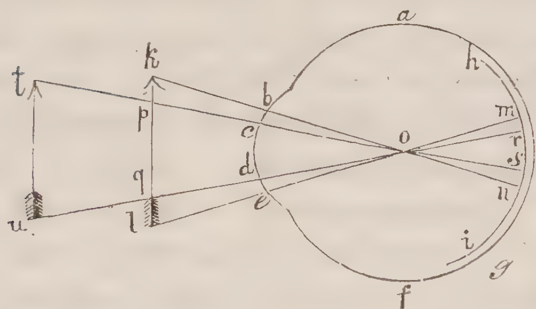
2) In dem Auge des 30jährigen Mannes haben wir $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) =$ 0,0907944; $\frac{n-1}{\varrho} = 0,0774975$; log. $\frac{\alpha}{n} = 0,8737712 - 1$; und $\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0,1013302$. Wir finden dann für Strahlen, die aus unendlicher Ferne kommen, v = 10''',3310. Die Differenz des Calculs und der Erfahrung sinkt daher auf 0''',097 oder $\frac{10,234}{0,097} = \frac{1}{105}$ bis $\frac{1}{106}$ der nöthigen Größe herab.

Alle diese Grundberechnungen wurden deshalb so ausführlich behandelt, weil sie in der Folge die Basis mannichfacher Belege für einzelne Theile der Optik des menschlichen Auges geben werden.

1046 **Abstrahirt man von den verschiedenen Wegen, welchen die einzelnen Strahlen des von jedem Punkte des äußeren Gegenstandes ausgehenden**

Lichtkegels in unserem Auge machen und hält sich nur an die beiden Enden des Vorganges, nämlich den äußeren Gegenstand und dessen entsprechendes Netzhautbild, so erhält man in dem Innern des Auges einen Punkt, in welchem sich die Verbindungslinien von beiderlei Objecten durchkreuzen. Denn gesetzt, abcdefg sei das Auge, hi die Netzhaut desselben und kl ein äußerer Gegenstand, welcher in mn sein adäquates Bildchen auf der Retina hat, so entspricht n, wie wir früher (§. 1040) sahen, dem Punkte k und m dem Punkte l. Die Linien kn u. lm durchschneiden einander im Punkte o. Man nennt nun den Winkel kol, welcher natürlich mon gleicht, den **Gesichtswinkel** (Angulus visorius). Einzelne Forscher bezeichnen überdies die Linien kn und ln mit dem Namen der Richtungslinien und den Scheitelpunkt des Gesichtswinkels o mit dem des Kreuzungspunktes derselben.

Fig 135.



Es ergiebt sich aber in Betreff dieser Verhältnisse von selbst, daß

1) Die Größe des Netzhautbildchens mn, so lange o an demselben Orte bleibt, mit dem Werthe des Gesichtswinkels steigt und fällt. Dem kleineren Sehwinkel poq = ros entspricht auch ein Retinabild rs, welches einen geringeren Umfang besitzt.

2) Verharrt o an demselben Punkte, so müssen ungleich große Gegenstände kl und pq, welche sich in derselben Entfernung gerade vom Auge befinden, entsprechende Differenzen der Gesichtswinkel kol und poq und der Netzhautbildchen mn und rs darbieten.

3) Bleibt o constant, während der Gegenstand tu weiter von dem Auge hinwegrückt, so verkleinert sich sein Gesichtswinkel. Obgleich das Object tu = kl ist, so wird es dann z. B. doch nur unter demselben Gesichtswinkel tou, wie der kleinere Gegenstand pq erblickt und entwirft daher auch nur das kleinere Netzhautbildchen rs. Umgekehrt wird sich der Sehwinkel unter den gleichen Verhältnissen bei Annäherung des Gegenstandes vergrößern.

4) Verändert sich dagegen o, so wechselt auch hierdurch die Größe des Bildes, sofern dieses dann überhaupt ohne Zerstreuungskreise auf die Netzhaut fallen kann. Wenn z. B. der Durchschnittspunkt von ac und bd in o liegt, so erhalten wir das Bild cd. Rückt dagegen o nach o′, so ergiebt sich hg und, wenn o nach o″ geht, ef, d. h. das Netzhautbild vergrößert sich durch eine Fortbewegung des Kreuzungspunktes nach vorn und verkleinert sich durch eine solche nach hinten. Böte aber das

Fig. 136.

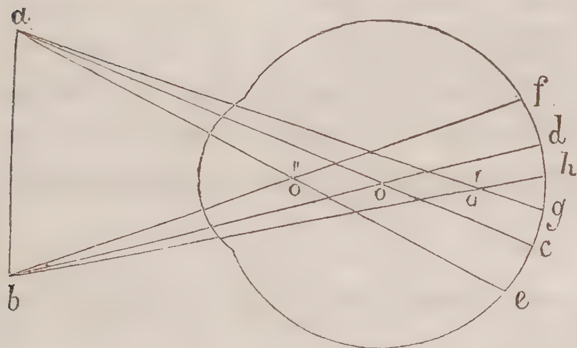


Bild hg Zerstreuungskreise dar, weil die Vereinigungsweite der Lichtstrahlen schon vor die Netzhaut fällt, so könnte dieses durch eine entsprechende Wanderung von o nach o′ aufgehoben werden. Hätten umgekehrt die Zerstreuungskreise darin ihren Grund, daß die Vereinigungsweiten der Strahlen hinter die Netzhaut fallen, so müßte eine adäquate Verschiebung von o nach o″ dem Fehler abzuhelfen im Stande sein. Wechselt endlich

5) nicht bloß der Kreuzungspunkt, sondern auch die Entfernung des Gegenstandes, so haben wir nach Verschiedenheit der Verhältnisse sehr abweichende Resultate, je nachdem sich beiderlei Momente zu gegenseitiger Correction oder zu wechselseitiger Unterstützung verbinden. Gesetzt z. B., der Gegenstand rücke so nahe, daß die Vereinigungsweite seiner Strahlen hinter die Netzhaut fiele, so wäre eine entsprechende Wanderung von o nach o″ im Stande, dem Fehler abzuhelfen, während eine gleichzeitige Bewegung von o nach o′ ihn nur vergrößerte. Eine jede passende Veränderung von o ist aber natürlich nur dann möglich, wenn sich die Curven oder die Entfernungen oder die Brechungsexponenten der Refractionstheile des Bulbus ändern oder sich das Auge, wie man sich ausdrückt, auf entsprechende Weise accommodirt.

Die sämmtlichen hier erwähnten Sätze, welche sich aus den Verhältnissen des Gesichtswinkels von selbst ergeben, werden uns in der Folge als Grundlagen der näheren Betrachtung einiger wesentlicher Momente des Sehens dienen.

1047 Der Kreuzungspunkt der Richtungslinien oder der Scheitel des Gesichtswinkels wurde von verschiedenen Forschern an sehr mannichfache Stellen des inneren Auges versetzt. Aeltere Beobachter legten ihn in die Gegend der Pupille, die Mitte derselben oder die Nähe der Linse und vorzüglich das Centrum der letzteren. Die neueren Untersuchungen dagegen deuten darauf hin, daß er sich im Allgemeinen ungefähr 5‴ bis 5‴5 von dem vorderen Ende der Augenachse entfernt und 1‴,5 bis 2‴,0 hinter der Hinterfläche der Krystalllinse, also in dem vordersten Theile des Glaskörpers befinde. Einzelne Forscher statuirten, daß er mit gewissen anderen bestimmten Punkten des inneren Auges, wie z. B. dem Centrum der Hornhautkrümmung (Mile[1]), Stamm[2]) oder dem Drehpunkte des Bulbus (Brewster u. Volkmann) zusammenfalle. Obgleich noch diese Ansichten eines strengeren mathematischen Beweises bedürfen, so läßt sich doch schon jetzt mit Recht als sicher annehmen, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien und der mittere Drehpunkt des Auges nicht sehr weit auseinanderfallen, ja höchst wahrscheinlich identisch sind. Dagegen müssen wir uns sehr hüten, jene objectiven Richtungslinien, d. h. die ideellen Verbindungen der correspondirenden Punkte des Gegenstandes mit seinem Netzhautbilde mit den später zu betrachtenden Gesichts- oder Sehlinien, d. h. den Verbindungen des Netzhautbildes mit entsprechenden Punkten des

---

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XLII. Leipzig, 1837. 8. S. 57 fgg.

[2]) Ebendaselbst. Bd. LVII. 1842. 8. S. 370.

Gegenstandes, wie wir ihn erblicken und nicht wie er wahrhaft liegt, zu verwechseln. Denn diese Gesichtslinien sind nur bei dem vollkommen fehlerfreien Sehen, wie sich in der Folge ergeben wird, mit jenen Richtungslinien identisch, weichen aber sonst von ihnen dergestalt ab, daß ihr Kreuzungspunkt sogar außerhalb des Auges unter gewissen später zu erörternden Bedingungen zu fallen vermag.

Brewster[1]) ging bei seiner Darstellung von dem Young'schen Theoreme aus, daß wir das äußere Bild in denjenigen Richtungen sehen, welche auf den Tangenten der Berührungspunkte der Netzhaut senkrecht stehen. Denkt man sich nun den Augapfel abcd als eine vollständige Kugel, ef sei ein Netzhautbild und gh die Tangente des Punktes e, so wird natürlich die auf ihr senkrecht stehende Sehlinie ei durch den Mittelpunkt k gehen. Die Sehlinie fl des Punktes f wird aus demselben Grunde das Centrum k durchsetzen. Da nun das Gleiche von allen zwischen e und f gelegenen Stellen gilt, so müssen sich die Gesichtslinien aller successiven Orte eines Bildes in dem Mittelpunkte durchkreuzen. Fällt aber immer der Scheitelpunkt des Gesichtswinkels mit dem Mittelpunkte der Kugel zusammen, so kann sich natürlich die letztere, ohne daß eine Ortsveränderung im Ganzen Statt findet, drehen wie sie will; die relativen Beziehungen und Orte des äußeren gesehenen Gegenstandes bleiben dabei immer dieselben. Dieses würde nicht Statt finden, wenn eben keine Coincidenz des Scheitels des Gesichtswinkels mit dem Drehpunkte des Auges Statt fände. Das Sehen werde auf diese Weise von den Bewegungen des Augapfels emancipirt und erhalte eine Stabilität, welche es ohne dieses harmonische Verhältniß nicht haben würde.

Fig. 137.

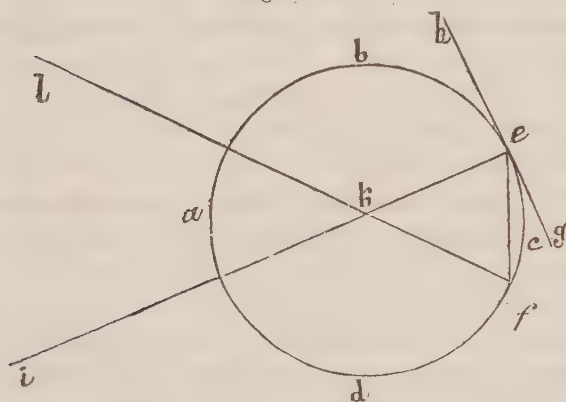
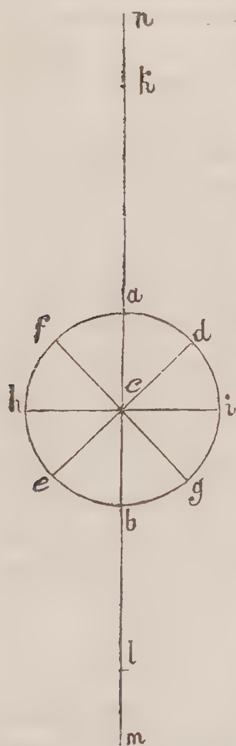


Fig. 138



Volkmann[2]) wiederholte später denselben Satz als das Resultat eigener empirischer Untersuchungen. Diese zerfallen in solche, welche an den Augen todter Thiere, wie Kaninchen[3]) oder Ochsen[4]) und andere, welche an dem Menschen angestellt worden. Er gebrauchte behufs der ersteren Art von Bestimmungen ein Diopterlineal, auf welchem eine um ihren Mittelpunkt c drehbare Scheibe angebracht war. Vor derselben befanden sich z. B. in k oder in k und n eine oder zwei Lichtflammen, hinter ihr in l ein Haarvisir und in m ein Diopter. Wurde nun das Auge eines Kaninchens auf die Scheibe so aufgelegt, daß ab der Augenachse parallel ging, so sah man natürlich, daß die Netzhautbilder der beiden Lichtflammen bei b auffielen und einander deckten. Sie konnten daher von m aus visirt werden. Hatte man die Lagerung gut getroffen, so daß c einem bestimmten gesuchten inneren Punkte des Auges entsprach, so war man im Stande, die Scheibe so zu drehen, daß abwechselnd de, ih, fg, hi in die Lage von ab kamen, ohne daß sich das Resultat der Deckung der Bilder und der Möglichkeit des Visirens durch m änderte. Es mußte daher ein Punkt im Innern des Auges existiren, welcher innerhalb eines auf c errichteten Per-

[1]) Brewster populäres vollständiges Handbuch der Optik. In's Deutsche übersetzt von J. Hartmann. Bd. II. Quedlinburg und Leipzig, 1835. 8. S. 78. 79.

[2]) A. W. Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 26—40.

[3]) a. a. O. S. 26.

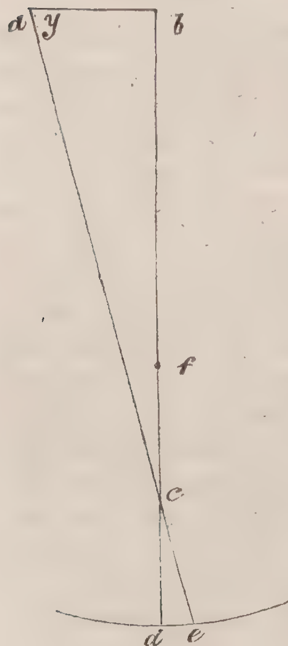
[4]) Poggendorff's Annalen. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8. S. 212.

pendikels lag und in dem sich die sämmtlichen Richtungslinien bei allen horizontalen Drehungen des Auges durchschnitten. Befand sich dagegen nicht die in c gefällte Normale des Auges in dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien, so traten die Bilder auseinander. Da es nun aber gleichgültig war, in welcher Weise man das präparirte Auge auf die Scheibe auflegte, so schloß Volkmann hieraus, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien nicht bloß für die horizontalen, sondern auch für andere Bewegungen ein beständiger sein müsse.

Prüft man diese Mittheilungen genauer, so zeigt sich, daß sie den Forderungen eines genügenden Versuches nicht entsprechen. Um die exacte Deckung der beiden Netzhautbilder, auf welche hier am Ende alles ankommt, bei allen Drehungen zu bestimmen, bedarf es zuvörderst einer firen Linie, welche genau dem Haare des Visirs entsprechen kann. Volkmann suchte diese in der Mitte der Lichtflamme. Ist aber schon eine solche nur dem Augenmaaße anheim fallende Bestimmung zu vag, so eignet sich eine Lichtflamme, die auch bei dem ruhigsten Brennen immer etwas flackert und deren Ränder nicht scharf genug sind, zu solchen Untersuchungen nicht. Ueberdies stellt sie sich an todten Augen, selbst von Albinokaninchen noch viel zu unbestimmt dar, als daß sich sichere Resultate erzielen ließen. Man müßte daher einen fireren Gegenstand, ein Fensterkreuz, ein Lineal oder noch besser einen Draht wählen. Käme sein Bild noch nicht hinreichend scharf heraus, so sollte man es zuvor durch ein Prisma hindurchgehen lassen. Nur so ließe sich über die vollkommene Identität der beiden Bilder bei allen Drehungen ein sicheres Urtheil fällen. Vergl. auch Stamm in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. LVII. 1842. 8. S. 358 fgg.

Die Einzelangaben von Volkmann bestätigen diese Einwürfe. Wäre nämlich die Untersuchungsweise ganz sicher und zeigte sich das Resultat, daß das Auge, es liege, wie immer, auf der Scheibe, denselben Kreuzungspunkt der Richtungslinien darbietet, sobald nur dieser in den auf c errichteten Perpendikel fällt, so müßte der Bulbus vollkommen sphärisch sein. Dieses findet aber bekanntlich weder bei dem Kaninchen noch dem Ochsen Statt. Volkmann [1]) selbst fand das Kaninchenauge, mit welchem er experimentirte, in der Richtung der Augenachse 7''',5 lang, während der Querdurchmesser 8''' betrug, mithin eine bedeutende Abweichung von der Sphäricität. Nichts desto weniger soll der Kreuzungspunkt der Richtungslinien 3''',25 von dem vordersten Punkte der Hornhaut und 4''',25 von der hintersten Stelle der Sklerotica entfernt gewesen sein, d. h. in seiner Lage nicht einmal die Hälfte des kürzeren Longitudinaldurchmessers = 3''',75 erreicht haben. Diese Abweichung von 0''',5 ist aber verhältnißmäßig zu groß, als daß selbst eine Beziehung auf die innere Augenachse die Sache wesentlich änderte. Unter solchem Verhältniß kann das von Volkmann angegebene Resultat nur ungefähr, nicht aber mit Exactität eingetreten sein. Das Ganze beweist nur, daß die Versuchsmethode selbst vor einer verhältnißmäßig nicht unbedeutenden Irrung zu schützen außer Stande war.

Fig. 139.



Für die gleichen Bestimmungen am Menschen gebrauchte Volkmann dasselbe Instrument, welches schon oben §. 1012 angeführt wurde und dessen er sich zur Controlle der horizontalen Drehung des Auges bediente. Wurden zwei Punkte a und b, deren gegenseitige Entfernung bekannt war und deren Bilder in d und e die Netzhaut trafen, gleichzeitig firirt, war $\angle abc = 90^\circ$, während man y durch unmittelbare Messung zu finden suchte, so glich natürlich $bc = ab \tan y$. Wurde nun die Entfernung von b von dem vordersten Punkte der Hornhaut f unmittelbar gemessen, so hatte man den Ort c im Innern des Auges. Burow [2]) fand bei Wiederholung des Versuches, daß es unmöglich sei, beide Punkte a und b gleichzeitig mit einem Auge zu visiren und der Bulbus daher eine kleine Rotation vornehme, um zum Ziele zu gelangen. Ist aber dieses

[1]) a. a. O. S. 28.
[2]) A. Burow Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1842. 8. S. 63.

der Fall, so bestimmt man auf diese Weise nicht den Kreuzungspunkt der Richtungslinien, sondern den horizontalen Drehpunkt des Auges. Volkmann[1]) entgegnete hierauf, daß jener Uebelstand nur eintrete, wenn man die rechte Distanz des Auges verfehle. Das Auffinden einer ganz exacten Entfernung muß aber schon durch einen anderen Umstand sehr erschwert sein. In dem Volkmann'schen Instrumente beträgt b c ungefähr 6″,5 und a b 1″; folglich a c = 6,5765. a liegt daher ungefähr ½—⅔ Zoll weiter als b und das Auge, welches beide Punkte möglichst scharf fixiren will, wird deshalb nicht bloß in Versuchung kommen, sich zu drehen, sondern auch sich successiv zu accommodiren. In beiderlei Fällen aber ginge die vollständige Sicherheit des Resultates verloren. Abgesehen hiervon aber haben wir schon früher gesehen, daß der Volkmann'sche Apparat nur die horizontalen Bewegungen des Auges controllirt und daß daher die gefundene Identität höchstens von dieser, nicht aber von den Rotationen des Bulbus im Allgemeinen gelten kann. Ueberdies bemerkten wir, daß die unmittelbaren Messungen des Winkels y und der Linie b f Fehlerquellen enthielten, deren Summe von Bedeutung werden kann.

Betrachten wir aber den Augapfel als einen Körper mit annähernd sphärischen Durchschnitten und wissen wir anderseits, was in der Folge specieller erhärtet werden soll, daß nur diejenigen Bilder, welche direct gesehen werden und auf die Gegend des gelben Fleckes der Netzhaut gelangen, deutlich erscheinen, so müssen der entsprechende Drehpunkt des Auges und der Kreuzungspunkt der Richtungslinien approximativ zusammenfallen. Dieses folgte schon aus der in §. 1012 angegebenen Vorrichtung, bei welcher sich auf den entsprechenden Endpunkten der Radien concentrischer Kreise befindlichen Nadeln bei den verschiedenen horizontalen oder senkrechten Drehungen des Auges einander decken. Jede genauere Beweisführung dagegen scheitert an dem Mangel einer speciellen mathematischen Bestimmung der Form des Bulbus und der Ermittelung der Grenze, bei welcher zwei eben auseinander weichende Bilder von unserer Netzhaut isolirt wahrgenommen werden. Unter diesen Verhältnissen läßt sich nur so viel sagen, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien, so lange nicht die Drehung des Bulbus zu weit nach außen oder nach innen fällt, nicht sehr fern von dem idealen Mittelpunkte des Auges, d. h. von ungefähr 5‴,29 von dem vorderen Ende der Augenachse liegen wird.

Streng genommen kann natürlich das Netzhautbild nur dann vollkom- 1048 men deutlich erscheinen, wenn die Vereinigungsweite der Lichtstrahlen, welche von dem äußeren Gegenstande ausgehen, genau auf die Oberfläche der Retina fällt. Denken wir uns daher die Curven der Brechungsmedien und die Refractionsverhältnisse derselben unveränderlich, so müßte scheinbar nur eine einzelne Entfernung existiren, in welcher das Auge vollkommen scharf sieht. Die geringste Abweichung diesseits oder jenseits dieser flächenhaften Ausdehnung würde schon Zerstreuungskreise, welche die Deutlichkeit des Gesehenen hindern, erzeugen. Eine Unvollkommenheit der Art findet jedoch in unserem Auge nicht Statt. Ein gesunder Mensch z. B. sieht Gegenstände, welche 10 Zoll von seiner Hornhaut entfernt sind, scharf und deutlich, nimmt aber distantere Objecte, sie mögen 60 oder 120 Zoll oder noch weiter abstehen, noch sehr gut und befriedigend wahr. Erst mit der Kleinheit und der geringeren Beleuchtung der Gegenstände geht auch die Deutlichkeit verloren.

An todten Apparaten kehrt diese Erscheinung in gleicher Art wieder. 1049 Fangen wir z. B. Bilder, welche in einer gewissen Entfernung liegen, mittelst des in §. 1041 beschriebenen künstlichen Auges auf, so erhalten wir sie gleich klar, der Abstand von der vordersten Linse mag 36 Zoll oder viele Fuß betragen. Wir können unter geeigneten Verhältnissen, wenn

[1]) Müller's Archiv. 1843. S. 9—11.

sich der Apparat in der gehörigen Distanz vom Auge befindet, das Fensterkreuz, das Fenstergitter, ein gegenüberstehendes Haus und den Himmel fast mit vollkommen derselben Deutlichkeit gleichzeitig zur Anschauung bringen. Ganz ähnliche Erfahrungen machen wir, wie schon Magendie vollkommen richtig beobachtete, wenn wir die Bilder äußerer Gegenstände auf der Netzhaut von Augen des Menschen oder Kaninchen, welche nach der in §. 1041 geschilderten Methode vorbereitet worden, auffangen. Nur müssen die Präparate ganz frisch sein, wenn nicht die beiderseitigen Grenzen der Abstände zu klein ausfallen sollen.

Bildet aber der matte Grund des künstlichen oder die Netzhaut des natürlichen Auges eine concave sphärische Oberfläche, so lehren ähnliche Erfahrungen, welche wir an Cameris obscuris mit mehrfachen Linsen oder an den letzteren, wenn sie tubusartig in einander gefügt sind, allein anstellen können, daß dieselben Ergebnisse auch an ebenen auffangenden Flächen wiederkehren. Zu gleicher Zeit beweisen auch solche Versuche — was aus der Theorie ebenfalls hergeleitet werden kann — daß die Resultate um so günstiger ausfallen, je stärker die Brechung, je kleiner das Bild ist. Hierbei muß jedoch bei den freien Linsen die Stellung des Auges so gewählt sein, daß die zuletzt gebrochenen Strahlen die nöthige Divergenz bei ihrem Eintritt in den Bulbus besitzen[1]). Wir sehen dann alle irgend näheren oder entfernteren Gegenstände einer Landschaft in dem umgekehrten Bilde mit einer prachtvollen Schärfe, wenn drei passende, durch die gehörigen Diaphragmen modificirte und in bestimmten Entfernungen combinirte Gläser angebracht sind. Aus diesem Grunde eignen sich daher auch solche Camerae obscurae mit mehrfachen Linsen auf vorzügliche Weise, um in den Daguerrotypen perspektivische Darstellungen zu erreichen.

1050 Der nächste Grund aller eben erwähnten Verhältnisse liegt darin, daß sich die gegenseitigen Unterschiede der Vereinigungsweiten der Bilder mit den Entfernungen verkleinern und überdies um so mehr vermindern, je stärker die Brechung ist und je kleiner die Bilder selbst werden. Hiervon können wir z. B. einen anschaulichen Beleg erhalten, wenn wir die in §. 1045 gegebenen Berechnungen für die Vereinigungsweiten in dem menschlichen Auge unter einander vergleichen. Wir sahen, daß die von Olbers gebrauchten Formeln die Brechung durch den Meniscus der wässrigen Feuchtigkeit nicht berücksichtigten und daher die Vereinigungspunkte viel zu weit hinter die Netzhaut angaben. Bei der Berechnung des Auges nach Art der Normen für combinirte Linsen von verschiedener Brechkraft erhielten wir Werthe, die von den gemessenen auf keine sehr wesentliche Weise abwichen. Hierbei war auch natürlich die Refraction stärker als nach Olbers Methode. Die Zusammenstellung beider aber kann uns praktisch zeigen, wie zwar die Unterschiede der Vereinigungs-

---

[1]) Das Nähere dieses letzteren Punktes siehe z. B. in J. C. E. Schmidt Lehrbuch der analytischen Optik, nach des Verfassers Tode herausgegeben von C. W. B. Goldschmidt. Göttingen, 1834. 8. S. 409.

weiten mit den Entfernungen, aber auch mit den Refractionsgrößen abnehmen. Wir erhalten aus den §. 1045 gelieferten Tabellen:

Unterschiede der Entfernungen in Zollen: Grenzen.	Differenzen derselben.	der Vereinigungsweite in Linien: in dem Auge der 50jährigen Frau berechnet nach Olbers.	als Doppellinse.	des 30jährigen Mannes.
unendlich bis 120″	—	0‴,0653	0‴,0172	0‴,0181
von 120″ bis 60″	60″	0‴,0660	0‴,0171	0‴,0180
von 60″ bis 40″	20″	0‴,0668	0‴,0172	0‴,0181
von 40″ bis 30″	10″	0‴,0675	0‴,0171	0‴,0180
von 30″ bis 20″	10″	0‴,1472	0‴,0341	0‴,0358
von 20″ bis 10″	10″	0‴,4321	0‴,1028	0‴,1061
von 10″ bis 5″	5″	0‴,9523	0‴,2039	0‴,2054
von 5″ bis 4″	1″	—	0‴,1007	0‴,0987
von 4″ bis 2″	2″	—	0‴,4803	0‴,4403

Wir sehen also, daß der Unterschied der Vereinigungsweiten für die gleichen Entfernungen nach der Berechnung der schwächeren Refraction nach Olbers 4—5 Mal so groß, als nach der zweiten richtigeren Bestimmung ausfällt.

Die letztere läßt uns aber gleichzeitig einen Blick auf die Größe der Veränderungen werfen, welche die Vereinigungsweiten in unserem Auge, wenn alle Zustände desselben die gleichen blieben, erleiden müßten. Es betragen nämlich, wie man aus den früheren Tabellen ersieht, die Differenzen:

Entfernung.	Auge: der 50jährigen Frau.	des 30jährigen Mannes.
von 60″ bis zu unendlicher Ferne.	0‴,0343	0‴,0361
von 10″ bis zu ihr.	0‴,2055	0‴,2141
von 4″ bis zu derselben.	0‴,5101	0‴,5182
von 2″ bis zu derselben.	0‴,9904	0‴,9585
von 10″ bis 60″.	0‴,1712	0‴,1780
von 4″ bis 10″.	0‴,3046	0‴,3041
von 2″ bis 4″.	0‴,4803	0‴,4403

Da wir aber verschieden ferne Gegenstände deutlich sehen können, so entsteht zunächst die Frage, auf welche Art diese Abweichungen der Vereinigungsweiten einflußlos gemacht werden.

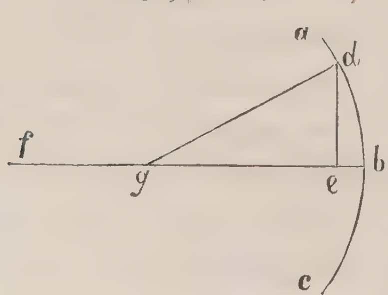
1051 Das Nächste wäre, den Knoten zu zerhauen und anzunehmen, daß die Netzhaut selbst dann die Bilder klar auffasse, wenn auch nicht die Vereinigungsweite der Strahlen genau auf dieselbe falle, sondern etwas von ihr entfernt zu Stande käme. Eine solche Hypothese hätte von vorn herein etwas durchaus Willkürliches und widerspräche allen sicheren Methoden, welche wir nie in der Naturforschung, ohne unserem Berufe untreu zu werden, verlassen dürfen. Auch würden dann, wie wir in der Folge sehen werden, bei größeren Distanzen so bedeutende Zerstreuungskreise entstehen, daß ein scharfes Sehen, wie directe Versuche lehren, unmöglich wäre.

1052 Ist man aber auf die Art genöthigt, auf die Erklärung der Sache einzugehen, so müßte man zunächst die anatomischen Verhältnisse der Netzhaut in Erwägung ziehen. In dieser Beziehung treten dreierlei Verhältnisse, nämlich ihre Dicke, ihre Sphäricität und ihre Centralfalte mit dem gelben Flecke und dem Sömmerringschen Loche in den Vordergrund.

1) Bekanntlich besteht die Retina, wenn wir an ihr von außen, der Choroidealfläche her, nach innen fortschreiten, aus der Jacobschen Membran, der Ausbreitung der Primitivfasern des Sehnerven mit den zwischen und an den Geflechten derselben vorkommenden Nervenkörpern und der inneren Körnchenlage. So weit wir bis jetzt wissen, kann nur die Primitivfaserschicht mit den Nervenkörpern die Auffassung des Bildes vermitteln. Es müßte daher ein deutliches Sehen so lange Statt finden, als nicht die Vereinigungsweite des Bildes die Dicke dieser Schichten überschreitet, weil es gleichgültig sein kann, ob ein näherer oder fernerer Lichtstrahl von einer höher oder tiefer verlaufenden Primitivfaser und diesem oder jenem Nervenkörper wahrgenommen wird. Nun hatte die Netzhaut in der Augenachse der 50jährigen Frau eine Dicke von 0''',06 und der des 30jährigen Mannes eine solche von 0''',066. Nehmen wir nun an, daß die Hälfte der = 0''',03 bis 0''',033 der Lage der Primitivfasern und der Ganglienkugeln zukommt, so deckt dieses die Vereinigungsweiten von 60'' bis zu einer unendlichen Ferne, nicht aber die aller näheren Gegenstände, die wir nichts desto weniger deutlich wahrnehmen können. Nicht minder unvollständige Resultate giebt

2) die Betrachtung der Sphäricität. Abstrahiren wir von der elliptischen Gestalt und nehmen an, daß die Retina einen Kugelabschnitt abc bildet, so wird das Bild, wenn es z. B. in d auffällt, weiter nach vorn liegen, als wenn es in b erscheint. Man könnte daher leicht glauben, daß sich ferne Gegenstände in d, nähere in b abspiegelten und auf diese Art die Unterschiede der Vereinigungsweiten zur Ausgleichung kämen. Die Differenz würde durch das auf die Achse fb gefällte Perpendikel de bestimmt und müßte eb gleichen. Nun werden wir aber in der Folge finden, daß wir nur diejenigen Bilder deutlich sehen, welche auf die Oberfläche des gelben Fleckes auffallen. Seine Breite beträgt durchschnittlich 1'''.

Fig. 140.



In diesem Falle wird also $de = 0''',5$. Ist nun g der Mittelpunkt und gleicht gd in dem Auge der 50jährigen Frau $\frac{9,7999 + 8,8355 + 9,2686}{2 \times 3} = 4''',6506$ — was von der Wahrheit nicht sehr fern liegen kann —, so haben wir $ge = \sqrt{(4,6506 + 0,5)(4,6506 - 0,5)} = 4,6236$. Mithin $eb = 0''',027$. Die Annahme, daß die Bilder je nach den Distanzen auf verschiedene Stellen des gelben Fleckes fallen, würde also die Sache auf keine wesentliche Weise fördern. Ueberdies sprechen noch Gründe, die aus den subjectiven Momenten des Sehens erhellen werden, gegen eine solche Vorstellung.

3) Die Netzhaut des Menschen erhebt sich in der Gegend der Augenachse zur sogenannten Centralfalte. Diese bildet zwei Leisten; der gelbe Fleck breitet sich zwischen ihnen, sowohl in der Vertiefung als auf den Rändern der Falte aus. In seiner Mitte liegt das sogenannte Sömmerringsche Loch, d. h. eine allmälig herabgehende Verdünnung, aber keine wahre Oeffnung der Netzhaut. Das hintere Ende der Augenachse fällt in diese Gegend. Nun betrug die Höhe der Centralfalte in dem Auge der 50jährigen Frau $0''',4$. Sie erreicht sogar nicht selten $0''',5$. Die Jacobsche Membran und wenigstens ein Theil der Primitivfaser- und Nervenkörperschichten existiren noch selbst an den tiefsten Stellen der Sömmerringschen Grubeneinsenkung. Da nun die Dicke der Netzhaut $0''',06$ bis $0''',066$ ausmacht, so könnte man höchstens für die Ungleichheit dieses Theiles derselben $0''',43$ bis $0''',53$ in Anspruch nehmen. Ließe sich daher darthun, daß die Bilder ferner oder naher Gegenstände verschiedene Orte des Sömmerringschen Fleckes treffen, so wären durch die Unebenheiten desselben die Differenzen zwischen 4 Zoll und einem unendlichen Abstande ($= 0''',5101$ bis $0''',5182$) ungefähr gedeckt. Allein eine solche Hypothese ist bis jetzt nicht beweisbar und hat sogar die Thatsache zum Theil gegen sich, daß wir nahe wie ferne Gegenstände durch eine sehr kleine Oeffnung erkennen können. Ueberdies läßt sich kaum annehmen, daß die Thiere, welchen die Centralfalte mit dem gelben Flecke und dem Sömmerringschen Loche mangelt, in ihrem Gesichte so beschränkt seien, daß sie nur in solchen Fernen, deren Differenzen der Vereinigungsweiten durch die Dicke und die Sphäricität der Netzhaut aufgehoben würden, genau unterscheiden könnten. Es muß daher untersucht werden, ob nicht das Auge noch außerdem das Vermögen besitze, seine Refractionszustände bei dem Nahe- und Fernesehen zu verändern und auf diese Art die Unterschiede der Vereinigungsweiten zu eliminiren, d. h. sich in seinem Innern den verschiedenen Abständen der Gegenstände anzupassen.

Diese Frage des Accommodationsvermögens des Gesichtsorganes 1053
ist bis auf die Gegenwart von den Physikern und Physiologen auf sehr verschiedene Weise beantwortet worden. Bald gänzlich geläugnet, bald zugestanden wurde sie in dem letzteren Falle in einer Compression des Bulbus, welche die Convexität der Hornhaut zu verändern im Stande sei, in der Erweiterung oder Verengerung der Pupille, dem geschichteten Bau der Krystalllinse und der Bewegung derselben nach vorn und hinten ge-

sucht. Die Hypothesen, welche die Hornhaut, die Iris und die Pupille betreffen, lassen sich direct widerlegen, weil diese Theile der unmittelbaren Beobachtung bei dem Nahe- und Fernsehen zugänglich sind. Anders dagegen verhält es sich mit der Bewegung der Krystalllinse, die natürlich kaum je direct nachgewiesen, noch durch sichere rein physiologische Beweise wird bestritten werden können.

Die in §. 1045 angeführte Grundformel für die optischen Berechnungen des Auges kann uns alle Momente, welche für das Accommodationsvermögen von Einfluß zu werden im Stande sind, in einem Ueberblicke vorführen. Wenn ϱ den Radius der vorderen Krümmung der Hornhaut, σ den der hinteren der wässerigen Feuchtigkeit, α die Achse des Meniscus und n den Brechungsexponenten, r, s, a und m die gleichen Werthe für die Krystalllinse und d den Abstand des gesehenen Gegenstandes von der Vorderfläche der Cornea bezeichnet, so hatten wir:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)+\left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2\frac{\alpha}{n}+\left[\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right]^2\frac{a}{m}$$

Je kleiner nun d wird, einen um so größeren Werth erhält auch $\frac{1}{d}$. Da nun aber dieser Bruch als Abzugszahl in den beiden letzten Theilen der Gleichung vorkommt, so muß $\frac{1}{p}$ unter sonst gleichen Verhältnissen um so mehr zunehmen, je mehr sich d vergrößert, und umgekehrt. So wie jedoch wieder $\frac{1}{p}$ einen bedeutenderen Werth erhält, wird p kleiner, und vice versa. Es muß daher die Vereinigungsweite mit der Entfernung des Gegenstandes abnehmen. Dieses Verhältniß kann aber kein stetiges sein, weil die beiden ersten Glieder der Gleichung, nämlich $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)$ und $(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)$ unter allen diesen Umständen in derselben Weise wiederkehren.

Soll nun der abweichende Werth für die Vereinigungsweite entfernterer Gegenstände compensirt werden, so könnte dieses möglicher Weise dadurch geschehen, daß sich ϱ, σ, r, s verkleinert, d. h. daß die Krümmungshalbmesser der Vorderfläche der Hornhaut, der Hinterfläche der wässerigen Feuchtigkeit oder einer der beiden Oberflächen der Krystalllinse ab- und die Krümmungen selbst zunehmen. Von den übrigen Grundwerthen können aber nur noch α und a Veränderungen eingehen. Da die von einigen älteren Forschern (Grimm) aufgestellte Hypothese, daß sich die Refractionszustände der brechenden Medien momentan ändern, physikalischen Begriffen entgegensteht, so müssen wir n und m als fix ansehen. Die einzigen wandelbaren Größen wären daher nur noch α und a, d. h. der Abstand der Vorderfläche der Hornhaut von der der Linse und die Achse der letzteren. Je größer sie werden, um so mehr vergrößern sich auch $\frac{\alpha}{n}$, $\frac{a}{m}$ und $\frac{1}{p}$, und um so kleiner erscheint daher auch p.

1054 Prüfen wir nun aber die verschiedenen rücksichtlich des Anpassungsvermögens aufgestellten Hypothesen, so wurde zunächst angenommen, daß die Augenmuskeln den Augapfel bei dem Nahesehen zusammendrücken und auf diese Weise, indem sie ihn platter machen, den Abstand von der Vorderfläche der Hornhaut zur Oberfläche der Netzhaut in der Augenachse vergrößern. Da die Distanz für unendliche Entfernungen in dem Auge der 50jährigen Frau 9''',5704, in einer solchen von 4'' dagegen 10''',0805 betrug, so mußte sich die Augenachse in dem letzteren Falle um 0''',5101 verlängern oder die Mitte der Cornea bei dem Nahesehen ungefähr um ½ Linie vorrücken. Während die Grundidee dieser Hypothese von Kepler

herrührt, schrieben zunächst Camper, Olbers, Home und Tourtual diese Compressionsthätigkeit den geraden Augenmuskeln zu. Allein etwas der Art wäre höchstens an dem todten, schon in Fäulniß übergegangenen und schlaffen Bulbus möglich. Der lebende prall gespannte und durch die elastische Fettumgebung geschützte Augapfel kann keine Veränderung der Art erleiden. Ueberdies sind der Rectus internus und inferior häufig genug bei dem Nahesehen, wenn wir z. B. lesen oder schreiben, stärker zusammengezogen, als der Rectus superior und externus, so daß ein gleichförmiger Druck unmöglich wird. Noch weniger ist die Ansicht, daß die geraden Augenmuskeln den Augapfel bei dem Fernsehen nach dem Grunde der Augenhöhle hinziehen und die Augenachse auf diese Weise verkürzen, anatomisch-physiologisch zu halten. Andere, wie le Camus, zum Theil Rouhault, Luchtmans[1]) nahmen die Obliqui in dieser Beziehung zu Hilfe. Allein etwas der Art könnte nur dann gedacht werden, wenn der obere schiefe Augenmuskel den Bulbus fixirte und der untere denselben zusammendrückte. Dann müßte sich die vordere Fläche der Hornhaut, wenn wir nur nach dem todten Auge urtheilen wollten, vorschieben. Allein einerseits ist das letztere wiederum im Leben nicht möglich und anderseits sehen wir oft genug in die Nähe, ohne daß die Obliqui in der oben vorgeschriebenen Weise zur Thätigkeit kommen.

Andere Forscher rechneten auf die Veränderungen der Form der Horn- 1055
haut, um das Anpassungsvermögen des Auges zu erläutern. Sie müßte natürlich als Folge der mittelst der Augenmuskeln erzeugten Quercompression des Bulbus hervortreten. Allein die Erfahrung spricht, abgesehen von allen theoretischen Discussionen, gegen eine solche Annahme auf entschiedene Weise. Wir können schon bei der Beobachtung mit freiem Auge keinen Unterschied in der Form und Wölbung der Cornea wahrnehmen, der Mensch mag nahe oder fern sehen. Noch bestimmter machen wir dieselbe negative Erfahrung, wenn wir das Auge eines Individuum mittelst eines Fernrohres oder noch besser auf folgende Weise fixiren. Man schraubt von einem größeren zusammengesetzten Mikroskope, z. B. einem Schiek'schen, den Reflexionsspiegel los, befestigt eine schwache, weit tragende Linse an den Objecttisch, so daß sie mit dem eingefügten Doppeloculare die Vergrößerung übernimmt. Nun stellt man den Tubus horizontal und so ein, daß man das Auge eines Menschen, der mit befestigtem Kopfe und ohne den Bulbus zu drehen, abwechselnd nahe und fern sieht, in dem umgekehrten und vergrößerten Bilde scharf wahrnimmt. Man wird dann finden, daß in keinem Falle auch nur der geringste Unterschied in der Krümmung der Hornhaut eintritt.

Manche Forscher, wie z. B. Olbers[2]) und Young[3]) haben sich mit dieser Hypothese auch insofern auf mathematischem Wege zu beschäftigen gesucht, als sie berech-

---

[1]) Siehe G. J. Luchtmans diss. de mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti ejusque causa. Traj. ad Rhen. 1832. 8. p. 18 u. p. 40 sqq.
[2]) H. W. M. Olbers de oculi mutationibus internis. Gottingae, 1780. 4. p. 30.
[3]) Philosophical Transactions For the Year 1801. Part. I. London, 1801. 4. p. 53 sqq.

neten, um wie viel der Radius der Hornhaut abnehmen müßte, wenn das hinter die Netzhaut fallende Bild auf die Oberfläche derselben gelangen sollte. Olbers ging hierbei von einer einfachen Deduction aus. Nennen wir nämlich die Entfernung des leuchtenden Punktes d, den Halbmesser der Hornhautkrümmung ϱ, den Brechungsexponenten derselben n und die Vereinigungsweite des Bildes nach dem Durchtritte durch die Hornhaut γ, so haben wir $\frac{n d \varrho}{(n-1) d - \varrho} = \gamma$ (§. 1045). Setzen wir nun voraus, daß γ constant bleibe, während sich ϱ ändert, so haben wir $\varrho = \frac{(n-1) d \gamma}{n d + \gamma}$. In dem Auge der 50jährigen Frau, wie es in §. 1045 nach der Olbers'schen Formel berechnet worden, hatten wir z. B. $\varrho = 4''',0515$; $n = 1,3296$ und für parallele Strahlen $\gamma = 16''',3437$. Hiernach ergab sich z. B.:

d.	ϱ.	Differenz von ϱ.
1440 (= 120″)	4,0172	0,0343
120 (= 10″)	3,6751	0,3764
60 (= 5″)	3,4409	0,6106
24 (= 2″)	2,6792	1,3723

Natürlicher Weise müßten so bedeutende Veränderungen der Cornea, welche freilich durch Correctionen noch herabgesetzt werden könnten [1]), schon aus der Ferne dem freien Auge auffallen. Jeder Bulbus würde in die Kategorie eines sehr unvollkommenen optischen Instrumentes treten, wenn er sich solcher Mittel für das Nahe- und Fernsehen bedienen müßte. Uebrigens werden natürlich alle Berechnungen irgend einer Art wegen der Beständigkeit der Hornhaut bei den verschiedenen Thätigkeiten des Auges überflüssig.

1056 Auch die vielfachen Theorien, welche auf die Größe der Pupille und den blättrigen Bau der Krystallinse fußen, lassen sich durch die Erfahrung leicht widerlegen. Man ging nämlich bei ihnen von der Voraussetzung aus, daß sich immer die Pupille bei dem Nahesehen verkleinere, wenn der Blick dagegen in die Weite gerichtet ist, erweitere. Nun nahm man entweder an, daß die Beugung des Lichtes, welche an dem Pupillarrande Statt findet (Mile), oder der Durchgang der Lichtstrahlen durch die inneren Schichten der Krystallinsen und deren stärkere Brechung die Compensation für den Unterschied der Vereinigungsweite bedinge. Allein abgesehen von den richtigen Einwendungen, welche sich gegen solche Vorstellungen selbst machen lassen [2]), ist das Axiom, von welchem alle diese Betrachtungen ausgehen, unrichtig. Denn die Bewegungen unserer Pupille hängen nicht von dem Nahe- und Fernsehen, sondern — wie in der Nervenphysiologie näher erläutert werden wird, — von der gleichzeitigen Thätigkeit der Augenmuskeln und der Stärke des einfallenden Lichtes ab. Läßt man z. B. einen Menschen an einem Tage mit bedecktem Himmel, wo die Sonne durch die Wolken halb durchscheint, abwechselnd nahe und fern sehen, so daß sein Auge von dem stärkeren Lichtreize getroffen, nicht aber

[1]) Olbers a. a. O. p. 36.

[2]) Siehe z. B. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. Abth. II. Coblenz, 1838. 8. S. 330 fgg.

geblendet wird, so kann man sich mittelst des in §. 1055 geschilderten Mikroskop-Apparates überzeugen, daß der Pupillarrand der Iris und die Pupille selbst auch nicht die geringste Veränderung bei der Firation verschieden distanter Gegenstände erleidet. Hat ein Kartenblatt ein mit einer Nadel durchstochenes Loch, dessen Durchmesser bedeutend kleiner ist, als der Diameter der Pupille, wenn er sein Minimum erreicht, so können wir durch die Oeffnung nahe wie ferne Gegenstände erkennen. Die Umflorung, welche bei einer gewissen Kleinheit der Mündung eintritt, trifft beide auf gleiche Art. Ja es finden sich sogar ausnahmsweise Fälle, in welchen die Pupille gerade die entgegengesetzten Bewegungen vornimmt, die sie machen müßte, wenn sie für das Accommodationsvermögen gebraucht würde. Sie erweiterte sich z. B. auf dem rechten Auge bei einer 30- bis 40jährigen Dame, wenn diese las oder sich mit Nähen beschäftigte, in so bedeutendem Maaße, daß die Iris bis beinahe an den Hornhautrand reichte, verengerte sich dagegen zur Größe eines Stecknadelkopfes, wenn ein kleiner Gegenstand in einer Entfernung von 9 Zoll beobachtet wurde. Die Erscheinung fehlte dagegen, sobald das Object mehr oder weniger als 9'' vom Auge abstand (Ware) [1].

Lambert [2]) und Olbers [3]) suchten die Größe der Pupille bei verschiedenen Entfernungen der Gegenstände, indem sie eine gewisse Wechselbeziehung beider voraussetzten, näher zu bestimmen. Da jedoch diese Prämisse nicht allgemein richtig ist, so erhalten auch Erfahrungen der Art nicht denjenigen Einfluß, welchen sie sonst haben würden.

Während sich aber ein bindendes negatives Urtheil rücksichtlich der Be- 1057
ziehungen der Hornhaut und der Iris zu dem Accommodationsvermögen fällen läßt, ist dieses in Betreff der übrigen Momente, die hier in Betracht kommen können, nicht der Fall, weil die entsprechenden Theile im Innern des Auges verborgen liegen. Wir sind nur insofern im Stande, mit sicherer Kritik fortzuschreiten, als wir zu beurtheilen vermögen, ob die durch den Calcül gebotenen Veränderungen den anatomisch-physiologischen Verhältnissen widersprechen oder nicht. Zuvörderst ließe sich annehmen, daß sich die Krümmungshalbmesser der vorderen oder der hinteren Oberfläche der Krystalllinse bei dem Nahesehen verkleinern, indem die letztere z. B. von den Seiten zusammengedrückt und daher vorn und hinten convexer würde. Allein wenn auch die Linsenschichten in der Peripherie sehr weich sind, so haben sie doch im frischen Zustande unzweifelhafter Weise Festigkeit genug, um einem so leisen Drucke, als überhaupt im Innern des Auges ausgeübt werden kann, zu widerstehen. Ein solcher Grad von Nachgiebigkeit, als die eben erwähnte Hypothese voraussetzt, würde wiederum den Stempel großer Unvollkommenheit an sich tragen und müßte oft zu den bedeutendsten Verwirrungen Anlaß geben. Höchstens ließe sich denken, daß das Auge für das Sehen in die Nähe ajustirt sei und die Fasern der Zonula Zinnii, indem sie sich verkürzen und peripherisch

---

[1]) Gilbert's Annalen der Physik. Neue Folge. Bd. XXIV. 1816. 8. S. 260.

[2]) Siehe G. R. Treviranus Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. 8. S. 23.

[3]) Olbers a. a. O. p. 12

an der Linsenkapsel ziehen, die Oberflächen der Linse etwas abplatten. Allein der Rechnung nach stimmt der Abstand der Oberfläche der Netzhaut von der der Vorderfläche der Hornhaut mit dem Sehen in unendliche Ferne, während das Desiderat des Accommodationsvermögens für die Wahrnehmung in sehr geringen Distanzen hervortritt. Jede Hypothese, welche sich auf eine Umänderung der Substanz der Linse stützt, stößt überdies auf die Schwierigkeit, daß sich dadurch die weicheren Schichten der Krystalllinse sehr leicht verschieben würden und dieses der Deutlichkeit der Bilder, welche durch die polyzonale Linse hindurchgehen, Eintrag thun müßte.

1058 Unter allen Hypothesen, die aufgestellt worden, hat noch die, daß die in der tellerförmigen Grube nicht absolut befestigte Krystalllinse bei dem Nahesehen um ein Minimum vorrücke, theoretisch das Wenigste gegen sich. Denn berechnen wir die Vereinigungsweite der Bilder, wie dieses §. 1045 geschehen ist, nach der für die Doppellinsen gültigen Formel, so läßt sich zeigen, daß die Krystalllinse nur um nahe an 1/10 pariser Linie vorzurücken brauchte, damit das Sehen in 2 bis 4″ eben so gut als das in eine unendliche Ferne möglich werde. Dieses rührt davon her, daß sich dann die Concavität des Meniscus der wässrigen Feuchtigkeit durch die geringste Veränderung des Abstandes der Linse nach den für die Augenberechnung vorausgesetzten Principien ebenfalls ändert, d. h. in ihrem Halbmesser verkleinert und daher in ihrer Krümmung vergrößert.

Die Art und Weise, wie das Vorschieben der Linse zu Stande kommt und ob es überhaupt eintritt, ist unbekannt. Gesetzt auch, die Fasern der Zonula Zinnii wären contractil, so könnten sie nur die Linsenkapsel durch ihre unmittelbare Wirkung etwas nach hinten führen. Eher ließe sich die Annahme von Hueck denken, daß die verschiedenartige Füllung des Canalis Petitii die Ursache jener geringen Bewegung sei, indem die Falten, in welche er nach außen übergeht, herabgedrückt, die in ihnen enthaltene Flüssigkeit in den Hauptcanal eingezwängt und so die Linse etwas vorgeschoben und die tellerförmige Grube flacher gemacht würde. Jedoch fehlen natürlich alle definitiven Belege selbst für eine solche Vorstellung.

Diese Hypothese würde auch den Einfluß der Narcotica auf das Auge am natürlichsten erklären. Tröpfelt man nämlich z. B. Bilsenkrautextract auf die Bindehaut des Bulbus, so werden die Sphincterfasern der Pupille nach einiger Zeit gelähmt. Das Sehloch erweitert sich bedeutend. Das Auge wird bei den meisten Menschen mit gesunden fernsichtigen Bulbis presbyopischer. Es erzeugen sich daher schon bei einer größeren Distanz des Gegenstandes, als im Normalzustande Zerstreuungskreise und Vervielfältigungen der Bilder. Die Vergrößerung des Sehloches allein kann diese Folgen nicht hervorrufen. Nehmen wir dagegen an, daß nicht bloß die Sphincterfasern der Iris, sondern auch die des Ciliarsystemes erschlafft oder gelähmt werden, so wird mehr Flüssigkeit aus dem Petitschen Canal in die Fortsätze desselben eindringen. Die Linse muß so um ein Minimum zurückrücken und das Auge fernsichtiger werden. Es wird sich übrigens aus der Untersuchung des Achromatismus des Auges ergeben, daß diese Ansicht auch durch diese Momente unterstützt wird.

Hueck[1]), welcher die Hypothese des Vorrückens der Krystalllinse in neuerer Zeit am ausführlichsten vertheidigt hat, stützte sich dabei auf die Berechnungen von Senff, denen wiederum die Olbers'schen Formeln zum Grunde liegen. Hiernach sollte sogar eine Bewegung der Linse nach vorn = 0''',75 nur so weit hinreichen, daß ein 18'' weit entferntes Object deutlich gesehen werde. Hueck war daher noch zu der Annahme genöthigt, daß sich der Querdurchmesser der Linse gleichzeitig um ⅛ verkürze und die Wölbung derselben daher zunehme. Natürlich würde die ganze Hypothese fallen, wenn so bedeutende Veränderungen, die kaum denkbar sind, zu ihrer Constatirung zu Hilfe gezogen werden müßten. Allein die richtigere Grundformel der Berechnung des Auges führt auch hier zu ersprießlicheren Resultaten.

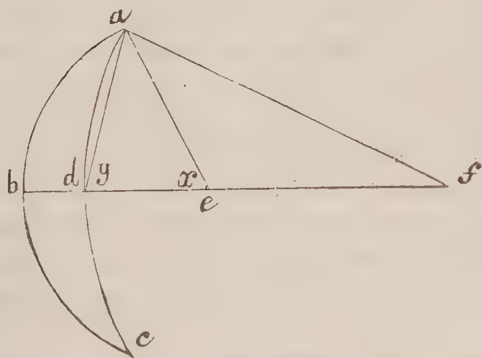
Recapituliren wir uns dieselbe, so haben wir:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)+\left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{\alpha}{n}+\left(\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{a}{m}.$$

Wechselt nun der Abstand der Vorderfläche der Hornhaut von der der Linse, während natürlich die Dicke der Cornea dieselbe bleibt, so muß α einen anderen Werth erhalten. Es wird sich verkleinern, je mehr die Linse vorrückt, d. h. $\frac{\alpha}{n}$ wird dann ebenfalls geringer. Allein diese Veränderung würde noch untergeordnet bleiben, wenn nicht die Variation von α noch andere Folgen nach sich zöge. Nach den in §. 1045 aufgestellten Principien der Berechnung bildet σ eine Function von α. Es wird mit der Verkleinerung desselben ebenfalls kleiner und daher $\frac{1}{\sigma}$ größer. Erst dadurch kann die Vereinigungsweite auf befriedigende Weise näher rücken, indem sich die Werthe $\left(\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right)^2$ und vorzüglich $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)$ vergrößern. Man sieht aber leicht, daß jeder andere Einfluß, welcher auf σ wirkt, auch ohne Veränderung der Entfernung der Linse von der Hornhaut zu ähnlichen Resultaten führen müßte.

Gehen wir zur Rechnung selbst über, so müssen wir z. B. in dem Auge der 50jährigen Frau vor Allem σ bestimmen. Ist nun wiederum ab die sphärisch gedachte innere Oberfläche der Hornhaut und adc die Concavität der Hinterfläche der wässerigen Feuchtigkeit, so betrug der Halbmesser der Vorderfläche der Cornea 4''',0515 und ihre Dicke in der Augenachse 0''',5. Wir haben mithin be = ae = 3''',5515. Nehmen wir nun an, die Linse sei um 0''',09 vorgerückt, so glich der Abstand der Vorderfläche der Hornhaut von der der Linse 1''',1. Wir haben daher bd = 1''',1 — (0''',5 + 0''',09) = 0''',51. Mithin de = 3''',5515 — 0''',51 = 3''',0415. x bleibt natürlich wie früher = 38° 6' 5''. Es ist aber:

Fig. 141.



$$\tfrac{1}{2}\,(180^\circ - 38^\circ\,6'\,5'') = 70^\circ\,56'\,57'' \text{ und}$$

$$\text{tang. } n = \frac{0{,}51 \times \text{tang. } 70^\circ\,56'\,57''}{6{,}593} = \text{tang. } 12^\circ\,37'\,35''$$

und daher $y = 70^\circ\,56'\,57'' + 12^\circ\,37'\,35'' = 83^\circ\,34'\,32''$.

Wir erhalten ferner:

$$ad = \sqrt{\left[\frac{7{,}003 \times 6{,}083 \times \sin.^2 19^\circ\,3'\,3''}{\sin.^2 \text{tot.}} + (0{,}51)^2\right]} = 2''',2053.$$

endlich $af = \sigma = \frac{2{,}2053 \times \sin.\ 83^\circ\,34'\,32''}{\sin.\ 12^\circ\,50'\,56''} = 9''',8547.$

Die übrigen Grundwerthe der Gleichung bleiben natürlich, mit Ausnahme von α,

[1]) A. Hueck die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat, 1839. 4. S. 105 fgg.

dieselben, nämlich $\varrho = 4''',0515$; $n = 1,3336$; $r = 2''',1885$; $s = 2''',0111$; $a = 3''',1$ und $m = 1,0350$.

Durch den Wechsel von ϱ und α gehen folgende constante Werthe in andere Größen über [1]:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,116192.$$

$$\log.\ \frac{\alpha}{n} = \log.\left(\frac{1,01}{1,3336}\right) = 0,8792958 - 1.$$

$$\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r} = 0,1321847.$$

Dagegen bleiben

$$(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) = 0,0333961.$$

$$\frac{n-1}{\varrho} = 0,08234, \text{ und}$$

$$\log.\ \frac{a}{m} = 0,4764214.$$

Berechnen wir hieraus die Vereinigungsweiten, so müssen wir natürlich wieder als Abstand der Linse von der Hornhaut 1''',1 nehmen, weil durch das Vorrücken der Linse um 0''',09 hinten so viel Raum frei geworden. Wir erhalten dann:

In Linien ausgedrückte	
Entfernung des Bildes.	Distanz der Vereinigungsweite von der Oberfläche der Hornhaut in der Augenachse.
48 (= 4'')	9,4589
42 (= 3''',5)	9,7373

Nun betrug der gemessene Abstand der Oberfläche der Netzhaut von der Vorderfläche der Hornhaut in der Augenachse 9''',49, der berechnete 9''',5704. Es erhellt also hieraus, daß Bilder, welche zwischen 3½ und 4 Zoll vom Auge entfernt liegen, deutlich gesehen werden müßten, wenn die Linse nur um 9/100 Linie weiter nach vorn rückte. Wollte man aber auch annehmen, daß sich die tellerförmige Grube verenge, so daß α bei der Endsummation kleiner als 1''',1 und größer als 1''',01 wird, so würde sich dieses, wie man leicht sieht, schon corrigiren, wenn sich der Abstand der Linse von der Hornhaut um weniger als 1/100 Linie, als angenommen worden, verkleinerte.

Da die Vorderfläche der Linse im todten Auge — wo das Verhältniß der Erschlaffung wegen eher größer als kleiner ist — 0''',1 bis 0''',2 beträgt, so müßte die Erscheinung, wenn die Linse nach Hueck um 0''',75 vorrücken sollte, dem freien Auge auffallen. Daß aber etwas der Art, das in der That von Hueck angegeben wird, nach meinen Beobachtungen wenigstens nicht vorkomme, wurde schon angeführt (§. 1056). Wenn dagegen das Vorrücken nur 0''',09 und selbst noch weniger beträgt, so kann dieses natürlich vor sich gehen, ohne daß man äußerlich das Geringste zu merken im Stande ist.

Wir haben bis jetzt die Sache so angesehen, als blieben die Dicke und die Centralfalte der Netzhaut einflußlos. Nehmen wir an, daß es gleichgültig ist, in welche Tiefe der Ganglienkugel- und Nervenfaserschicht die Vereinigungsweite fällt, so haben wir als nothwendige Forderung derselben 9''',5704 + 0''',03 = 9''',6004. Es braucht daher das Vorrücken der Linse in noch etwas geringerem Maaße Statt zu finden, wenn dieses Ziel erreicht werden soll. Dann schwindet, wie zum Theil schon früher (§. 1052) bemerkt wurde, fast alle Nothwendigkeit des Accommodationsvermögens. Denn die Höhe

[1] Hierbei ist für σ nicht der Numerus, sondern sein unmittelbar gefundener Logarithmus (= 0,9936419) genommen.

der Centralfalte betrug 0''',4. Rechnen wir die Dicke der Nervenkörper- und Primitivfaserschicht als 0''',03 hinzu, so haben wir 0''',43. Folglich werden Bilder, deren Vereinigungsweiten zwischen 9''',5704 und 9''',5704 + 0,43 = 10,0004 liegen, gar keine Anpassung erfordern. Der in §. 1045 gegebenen Berechnung nach hat 5'' Entfernung 9''',9798 und 4'' Distanz 10''',0805. Das ganze Accommodationsvermögen wäre für 4 bis 5 Zoll und eine unendliche Ferne überflüssig. Sollten aber noch Objecte in 3'' deutlich gesehen werden, so brauchte die Linse nur um 0''',02 oder $\frac{1}{50}$ pariser Linie vorzurücken, damit Alles befriedigend ausfiele. Dann haben wir (Fig. 141):

$be = ae = 3''',5515$; $bd = 0''',58$; $de = 2''',9715$; $x = 38^0\ 6'\ 5''$. Daher $y = 85^0\ 23'\ 19''$. Es ist mithin $ad = 2,1986$ und $\sigma = 13,6734$. Hieraus folgt:

$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,1067377$; $\log. \frac{\alpha}{n} = 0,9083982-1$ und $\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0,1227304$. Bei 12''' = 3'' Entfernung ergiebt sich in diesem Falle für den Abstand von der Hinterfläche der Linse 5''',8980 und folglich für den von der Vorderfläche der Hornhaut in der Augenachse 5''',8980 + 3''',1 + 1''',1 = 10''',0980.

Man sieht leicht, daß die vorzüglichste Veränderung der Endwerthe von der Größe σ als der Concavität der wässrigen Feuchtigkeit abhängt. Wir haben sie mit dem Abstande der Linse von der Hornhaut in Beziehung gebracht, weil dieses Verhältniß das natürlichste ist und in unserer Grundformel zum Theil vorausgesetzt wird. Allein auch jedes andere Moment, welches in dieser Beziehung auf σ einzuwirken vermag, müßte denselben Erfolg haben.

Resumiren wir aber das Ganze, so ergeben sich folgende Schlüsse: 1059

1) An dem sogenannten Accommodationsvermögen hat der Druck der sich zusammenziehenden Augenmuskeln insofern keinen Antheil, als diese weder die Augenachse verlängern noch den vorderen Theil des Bulbus schärfer hervortreten lassen können. Eben so wenig wird

2) das Nahesehen dadurch bewirkt, daß sich die Cornea mehr wölbt und einen geringeren Krümmungshalbmesser annimmt.

3) Die Vergrößerung und Verkleinerung der Pupille vermag ebenfalls nicht als die alleinige oder wesentliche Ursache des Anpassungsvermögens betrachtet zu werden, weil es Fälle giebt, in denen der eine Bulbus einige Zoll und unendlich entfernte Gegenstände sieht, ohne daß sich die Pupille auch nur um ein Minimum verändert. Die unter Nr. 1, 2 u. 3 genannten Hilfsmittel würden auch bei ihrer Rohheit und Größe einem so feinen optischen Werkzeuge, wie dem Auge, wenig entsprechen.

4) Will man überhaupt ein Accommodationsvermögen statuiren, so ist dieses am einfachsten in der Veränderung des Krümmungshalbmessers der wässrigen Feuchtigkeit zu suchen. Möglicher Weise könnte dieses durch einen leisen Druck einzelner Augenmuskeln auf den Bulbus erfolgen. Sicherer und wahrscheinlicher würde dasselbe durch ein Vorrücken der Krystallinse mittelst der Feuchtigkeit des Petitschen Canales und der äußeren Fortsätze derselben zu Stande kommen. In diesem Falle brauchte die Bewegung der Linse nach vorn in dem vollkommen normalen Auge der 50jährigen Frau nur um $\frac{9}{100}$ Linie vorzurücken, damit Gegenstände, die nur zwischen $3\frac{1}{2}$ und 4'' entfernt wären, ungefähr dieselbe Vereinigungsweite, wie unendlich ferne Objecte ohne Accommodation erhielten. Natürlich könnte eine solche Veränderung vor sich gehen, ohne daß äußerlich am Auge etwas zum Vorschein kommt, weil der Abstand der Vorderfläche der Linse von dem Niveau der Pupille 0''',1 und selbst mehr beträgt.

5) Faßt man aber die Anwesenheit der Centralfalte der Netzhaut und den gelben Fleck mit dem Centralloche in dem Sehorgane des Menschen ins Auge, so läßt sich die Nothwendigkeit eines Accommodationsvermögens zu einem sehr großen Theile bis gänzlich eliminiren, wenn man z. B. annimmt, daß die 50jährige Frau zwischen 4 — 5 Zoll deutlich sah und entfernte Bilder mehr in die Peripherie des gelben Fleckes, nähere mehr in die Mitte oder die größte Tiefe des Centralloches fallen. Denn der Unterschied in den Vereinigungsweiten bloß 5″ und unendlich weiter Strahlen war 0‴,4094. Nun glich die Höhe der Centralfalte mit der Dicke der empfindenden Schicht der Netzhaut 0‴,43. Es kann mithin durch diese Organisation des Menschen möglicher Weise eine Deckung Statt finden. Will man dagegen statuiren, daß das Individuum noch nähere Gegenstände als 4 — 5 Zoll deutlich sah, so brauchte die Linse nur um $^1/_{50}$ Linie vorzurücken, damit noch 3 Zoll entfernte Objecte mit vollkommener Bestimmtheit wahrgenommen würden.

Die vorzüglichsten Schwierigkeiten, welche der Annahme der vollständigen Elimination des Anpassungsvermögens durch die Anwesenheit der Centralfalte entgegenstehen, lassen sich in folgende Punkte zusammenfassen.

1) Müßten sich hiernach die Richtungslinien verrücken. Die Augenachse würde so gestellt sein, daß die durch sie gehenden Richtungslinien unendlich ferner Gegenstände auf die am meisten hervortretende Peripherie des gelben Fleckes fielen und daß sie bei dem Sehen in 4 — 5″ Entfernung auf die größte Tiefe des Centralloches gelangten. Der hierbei nach der einen oder der andern Seite gebildete Winkel betrüge im Maximum ungefähr 6° bis 7° — ein Werth, der jedoch viel zu bedeutend ist, als daß sich eine solche Veränderung der Augenachse schon jetzt mit irgend einer Wahrscheinlichkeit annehmen ließe.

2) Besitzt nur der erwachsene Mensch eine vollständige Centralfalte mit dem gelben Flecke und dem Centralloche. Die beiden letzteren Gebilde treten erst mit dem sechsten bis zehnten Lebensmonate bei dem Kinde deutlich hervor. Allein gerade dieser Umstand würde eher dafür zeugen, weil so zarte Kinder in den ersten Monden ihrer Existenz nicht deutlich in die Nähe, sehr gut dagegen in die Ferne sehen.

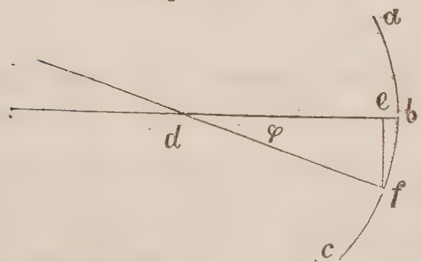
3) Findet sich eine solche Organisation nur bei dem Menschen, den Affen und höchstens ausnahmsweise, z. B. wenigstens nach der Angabe von Treviranus, dem Chamäleon. Hier müßten dann andere Verhältnisse, sofern überhaupt die Grenzen des deutlichen Sehens so bedeutend sind, die Anpassung vermitteln. Allein um in dieser Beziehung ein Urtheil zu fällen, fehlt die Hauptsache, nämlich sichere Messungen als die Basis fernerer Rechnungen, unzweifelhafte Bestimmungen, welche die Grenzen des Nahe- und Fernsehens dieser Geschöpfe feststellen und Nachweise, wie weit sich die Perceptionsfähigkeit der Netzhaut erstrecke und inwiefern die seitliche Stellung der Augen, die Anwesenheit des Retractor bulbi bei den Säugethieren, des Kammes im Auge der Vögel, der Campanula in dem der Fische u. dgl. hierauf einfließen.

Alles zusammen nöthigt uns aber zu der Ansicht, daß die Unebenhei-

ten des gelben Fleckes und des Centralloches im Auge des Menschen einen großen Theil der Ausdehnung des Sehens decken und jedes Accommodationsvermögen innerhalb dieser Grenzen unnöthig machen. Es können daher Bilder, die unendlich fern oder nur einige Fuß abstehen, ja noch näher liegen, von selbst wahrgenommen werden. Da es jedoch nicht wahrscheinlich, im Gegentheil sogar durch directe Thatsachen scheinbar widerlegt ist, daß sich die Augenachsen bei dem Nahe- oder Fernsehen verrücken, so kann nicht alles Anpassungsvermögen hinwegfallen. Es muß vielmehr bei der Betrachtung ganz naher Gegenstände zu Hilfe gezogen werden. Aendert sich dann die Hinterfläche der wässrigen Feuchtigkeit oder rückt die Krystalllinse nur ein Minimum, zwischen $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ Linie vor, so wird selbst das vollkommen deutliche Sehen in die größte Nähe von 3—4 Zoll, wie die angestellten Rechnungen beweisen, möglich.

Um den Winkel der Richtungslinien bei dem Auffallen des Bildes auf die Peripherie des Sömmerring'schen Fleckes oder die größte Tiefe des Centralloches annähernd zu finden, können wir uns folgender Methode bedienen. Gesetzt, abc sei die hintere Wölbung der sphärisch gedachten Netzhaut, d der Mittelpunkt des Bogens und ef der halbe Durchmesser des kreisförmig angenommenen Sömmerring'schen Fleckes, so daß df = db und fe auf db senkrecht ist, so haben wir $\sin. \varphi = \frac{ef : \sin. tot.}{df}$

Fig. 142.



Nun betrug der mittlere Halbmesser des Bulbus der 50jährigen Frau, wenn wir ihn uns als kugelig vorstellen, 5''',1833. Rechnen wir hiervon die Dicke der Sklerotica, Choroidea und Retina in der Augenachse ab, so können wir auf annähernde Weise db = df = 5''',1833 — (0''',6 + 0''',05 + 0''',06) = 4''',4733 annehmen. Da nun ef = 0''',5, so ergiebt sich $\varphi = 6^0\ 52'\ 52''$.

Fehlte die Centralfalte in dem Auge des Menschen, so müßte die Sphäricität der Netzhaut allein die Unterschiede der Vereinigungsweiten näherer und entfernterer Gegenstände decken. Nun betrug die Dicke der empfindenden Schichten der Netzhaut 0''',03; die Vereinigungsweite für parallele Strahlen 9''',5704, die für 60'' Distanz 9''',6047 und die für 4 Zoll Entfernung 10''',0805. Nehmen wir an, daß die Differenz unendlicher und 60'' entfernter Strahlen durch die Dicke der Retina gedeckt werde, so müßte die Sphäricität 10''',0805 — 9''',6047 = 0''',4758 eliminiren. Diesem Werthe müßte eb gleichen. Wir haben daher de = db — eb = 4''',4566 — 0''',4758 = 3''',9808. Da nun df = 4''',4566, so erhalten wir: $ef \sqrt{(df + de)(df - de)} = 2''',0038$, d. h. die scharf empfindende Stelle der Netzhaut braucht bei dem Menschen nur 2 × 2,0038 oder 4 Mal so groß als der Sömmerring'sche Fleck, wenn dieser mangelte, zu sein, damit die Dicke und Sphäricität der Retina ein Sehen in 4 Zoll bis zu einer unendlichen Entfernung möglich mache. Diese Folgerung kann, wie sich von selbst ergiebt, mit den nöthigen Veränderungen auf das Auge der Thiere übertragen werden.

Wir haben bis jetzt vorausgesetzt, daß das Auge alle Bilder von 1060
3 bis 4 Zoll bis zu einer unendlichen Ferne gleich gut sieht. Allein nur die wenigsten Menschen erfreuen sich einer solchen Virtuosität im strengsten Sinne des Wortes. Ein gesunder Bulbus faßt z. B. kleinere bis mittelgroße Gegenstände in einem Abstande von 10 Zoll am deutlichsten, jenseits oder diesseits dieser Größe dagegen schwächer oder gar nicht auf. Man nennt daher den Werth der letzteren, der schon wegen der Dicke der empfindenden Schichten der Netzhaut immer nur ein ungefährer sein kann und sich innerhalb einer gewissen Entfernung erstrecken muß, die mittlere

Sehweite. Manche Augen sind so organisirt, daß sie nahe und kleine Gegenstände sehr scharf, entfernte dagegen undeutlich sehen, während bei anderen gerade das Umgekehrte Statt findet. Der erstere Fehler bildet die Kurzsichtigkeit, Myopie, der letztere die Weitsichtigkeit, Presbyopie. Bei jener fallen schon die Vereinigungsweiten naher Objecte auf die Netzhaut und daher die entfernter vor derselben. Der Weitsichtige dagegen fixirt die Bilder unendlich ferner oder bedeutend abstehender Gegenstände auf seiner Retina, so daß deshalb die von nahen hinter dieselbe kommen. Momente, welche, wie z. B. eine größere Convexität der Hornhaut, eine bedeutendere Krümmung der wässrigen Feuchtigkeit, stärkere Krümmungsflächen der Linse, vergrößerte Refractionsexponenten der brechenden Medien (?) u. dgl. die Ablenkung verstärken oder eine von vorn herein zu lange Augenachse machen daher myopisch, die umgekehrten dagegen presbyotisch.

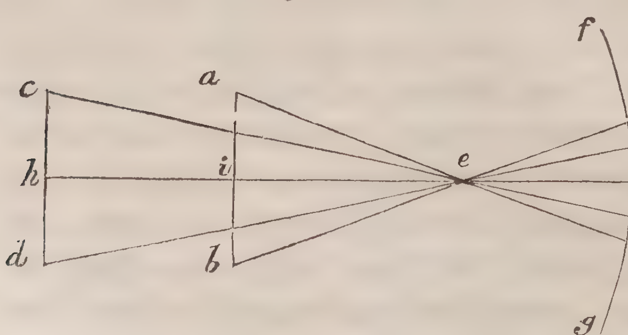
Die Grundformel der Brechungserscheinungen des Auges,

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{\alpha}{n}$$
$$+ \left(\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{a}{m}$$

erläutert uns auch hier alle ursächlichen Momente in einem Ueberblicke. Bei dem Kurzsichtigen fällt die Vereinigungsweite ferner Gegenstände vor der Netzhaut. Es wird also p kleiner und $\frac{1}{p}$ größer. Die Vermehrung des letzteren Werthes aber kann zunächst eintreten, wenn sich ϱ, σ, r oder s verkleinern, d. h. die Krümmungshalbmesser der Hornhaut, der wässrigen Feuchtigkeit und der Linse ab- und die Krümmungen dieser Gebilde selbst zunehmen. Leute mit sehr vorstehender Hornhaut, mit großen vollsaftigen Bulbis, sogenannten Ochsenaugen u. dgl. sind daher auch nothwendiger Weise kurzsichtiger, wenn nicht diese Uebelstände durch eine geringere Länge der Augenachse oder andere bald zu erwähnende Momente compensirt werden. Natürlich müßten stärkere Brechungsexponenten der Refractionsmedien denselben Erfolg haben. Allein es fragt sich noch, ob diese Werthe bei verschiedenen Menschen dergestalt von einander abweichen, daß sie allein den Unterschied der Myopie und Presbyopie bedingen. Wachsen α oder a, so wird $\frac{1}{p}$ größer, d. h. eine größere Dichtigkeit der Hornhaut, des Humor aqueus oder der Linse können als Ursachen der Kurzsichtigkeit auftreten. Bei sehr großen Abweichungen der Art, wie z. B. bei conischer Hervortreibung der Hornhaut, zu bedeutendem Uebermaaß der wässrigen Feuchtigkeit, kann sich der Fehler dergestalt vergrößern, daß fast alles deutliche Sehen unmöglich wird.

1061 Daß der Kurzsichtige kleine Gegenstände besser als der Weitsichtige aufzufassen vermag, liegt in den Verhältnissen der Gesichtswinkel. Denken wir uns z. B., ab sei ein Object von geringem Umfange und fg die Netzhaut, so wird es von dem Kurzsichtigen in der Entfernung von i und unter dem Gesichtswinkel aeb gesehen. Der Weitsichtige vermag aber den gleich großen Gegenstand cd erst in der Distanz h und daher unter dem Gesichtswinkel ced zu erkennen.

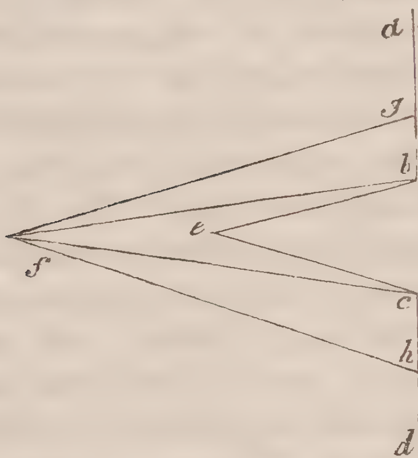
Fig. 143.



Dieser wird daher leicht so klein, daß die Auffassung des Bildes überhaupt nicht mehr erfolgen kann. Aus diesem Grunde sind Kurzsichtige im Stande, sehr kleine Schrift zu lesen, sehr feine Schravirungen und ähnliche Dinge zu verfertigen, während Weitsichtige, denen das Vermögen, diesseits ihrer Sehweite mit gehöriger Präcision aufzufassen, abgeht, ohne fernere Unterstützung höchstens gröbere Schrift in bedeutender Ferne lesen können.

Eben so leicht erklärt sich, weshalb Kurzsichtige zur Betrachtung klei- 1062
ner und naher Gegenstände weit weniger Licht als Weitsichtige brauchen.

Fig. 144.

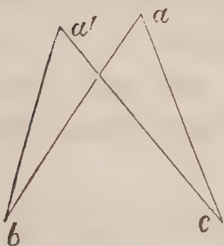


Denn gesetzt, abcd sei die Iris und bc die Pupille, so wird der Myopische einen leuchtenden Punkt schon bei e, der Presbyopische dagegen erst bei f erkennen. Geht mithin ein Lichtstrahlenkegel ebc von e aus vollständig durch das Sehloch bc durch, so wird er von f aus, wenn ∠ bec = ∠ gfh als fgh auffallen. Die Iris muß dann, wenn die Pupille dieselbe bleibt, die Theile gfb und cfh abschneiden. Der Weitsichtige nimmt daher weniger Lichtstrahlen in sein Auge auf und bedarf deshalb einer stärkeren Beleuchtung des Gegenstandes. Aus diesem Grunde lassen sich Kurzsichtige durch die Dämmerung in ihrem Lesen nicht stören, während weitsichtige alte Leute das Buch hinter dem Kerzenlichte halten, um mehr Lichtstrahlen zu gewinnen.

Während aber auf diese Weise die Myopischen in mancher Beziehung 1063
im Vortheil sind, haben sie anderseits die Infirmität, daß die beiderseitigen Grenzen der Entfernung ihres ganz deutlichen Sehens weit kleiner ausfallen und oft selbst bis auf 1″ — 1″,5 reducirt sind. Der Grund dieser Eigenthümlichkeit liegt darin, daß die Vereinigungsweiten unter einander um so mehr differiren, je weniger die Gegenstände von der Hornhaut entfernt sind.

Die beiden Augen der meisten Menschen bieten ungleiche Größen ih- 1064
rer Sehweiten dar, so daß das eine verhältnißmäßig kurz-, das andere weitsichtig ist. Dieser Fehler findet sich bei gebildeten Personen, bei Leuten, welche viel schreiben, lesen, nähen und sich überhaupt anhaltender mit nahen und kleinen Gegenständen beschäftigen, häufiger und in stärkerem Maaße, als wenn solche Bedingungen fehlen, ausgesprochen. Ist derselbe bedeutender, so läßt er sich auf folgende einfache Weise ermitteln. Man lasse einen kleinen Strich a, z. B. eines Maaßstabes mit beiden Augen zugleich so fixiren, daß er vollkommen scharf und deutlich gesehen wird. Sind beide Augen gleich weitsichtig, so wird das fixirte Object gerade in der Mitte zwischen beiden Hornhautoberflächen stehen, so daß ab = ac oder beide Werthe wenigstens fast gleich sind. Wenn dagegen das eine Auge so kurzsichtig ist, daß seine mittlere Sehweite nicht mehr mit

Fig. 145.



der des anderen Bulbus zusammenfällt, so muß a nach a' rücken, so daß ab < ac ist. Bei b wird das kurzsichtige, bei c dagegen das fernsichtige Sehorgan liegen.

Man hat sich nun vorgestellt, daß diese Ungleichheit beider Augen das Sehen begünstige, indem der Mensch schon von selbst nähere und entferntere Objecte mit seinen beiden verschiedensichtigen Bulbis wahrnehme (Porterfield, Treviranus). Allein die Erfahrung lehrt, daß etwas der Art als Normalzustand nicht Statt findet und die Differenz, wenn sie einen bedeutenderen Grad erreicht, wesentliche Nachtheile bedingt. Will nämlich das Individuum z. B. einen Gegenstand, der seinem weitsichtigeren Auge entspricht, mit beiden Bulbis fixiren, so stören natürlich die undeutlichen durch das myopische Auge bedingten Bilder. Er abstrahirt daher von diesem, und so kommt es, daß Leute der Art ihr kurzsichtigeres Sehorgan nur höchstens zur Betrachtung sehr naher und kleiner Gegenstände gebrauchen, sich dagegen sonst wie Einäugige verhalten. Die Folge davon ist, daß der immer mehr außer Thätigkeit gesetzte Bulbus erlahmt, schwachsichtig wird und in eine schielende Stellung geräth oder sogar nach und nach fast gänzlich erblindet. Umgekehrt kann auch Schielen, wie wir in der Folge sehen werden, eine ungleiche Energie beider Bulbi bedingen.

1065 Ebenso vermag ein weitsichtiges Auge momentan kurzsichtig zu werden, wenn man sich z. B. anhaltend mit feinem Zeichnen, Schreiben, Graviren oder mehrere Stunden lang mit mikroskopischen Untersuchungen beschäftigt hat. Man hat in diesem Umstande einen Beweis für die Existenz des Anpassungsvermögens finden wollen. Das Auge sollte nicht den einmal für längere Zeit angenommenen Accommodationszustand verlassen können. Allein wenn man eine solche Fähigkeit nicht zugeben wollte, so ließe sich z. B. die Sache auch dahin deuten, daß nicht sowohl die Verrückung des hinteren Endes der Augenachse von der Tiefe des Centralloches nach der Peripherie des Sömmerring'schen Fleckes nicht so bald vor sich gehe, als daß der letztere Anfangs eben so unempfänglich sei, wie wenn die Netzhaut überhaupt eine Zeit lang nicht geübt worden. In diesem Falle müßte er zunächst ein nur undeutliches gleichsam indirectes Sehen vermitteln.

1066 Die Myopie und Presbyopie kann nach Verschiedenheit von Krankheits- oder Gesundheitszuständen oder nach dem Alter wechseln [1]). Wenn z. B. ein Bulbus wassersüchtig wird, so stellt sich auch in ihm Kurzsichtigkeit aus leicht begreiflichen Gründen ein. Gelingt es, das Leiden bei akutem Hydrops durch starke Laxantien, wie Kalomel, oder bei chronischem durch Diuretica u. dgl. Reizmittel zu entfernen, so hört auch der Gesichtsfehler auf. Vollsaftige Leute sind eher in den jüngeren Jahren ihres Lebens zur Kurzsichtigkeit geneigt. Das Gesicht solcher Myopischen verbessert sich aber nicht selten im Mannesalter oder in noch späterer Zeit, weil auch mit der Fülle des Körpers die des Auges abnimmt und alle Theile desselben flacher werden. Aus den gleichen Gründen werden ältere Per-

---

[1]) Beispiele der Art siehe unter andern bei Ware in Gilbert's Annalen. Neue Folge. Bd. XXIV. Leipzig, 1816. S. 274 fgg.

sonen, die früher eben so gut in die Nähe als in die Ferne gesehen, in höheren Jahren einseitig presbyopisch. Kinder in den ersten Lebensmonaten erblicken entfernte Gegenstände sehr gut, ganz nahe dagegen minder sicher. Während der nachfolgenden Jahre bildet sich das Gesichtsorgan dergestalt aus, daß eine gewisse Virtuosität für jede Distanz existirt. Nur ausnahmsweise erscheint hier schon die Kurzsichtigkeit und weit seltener eine krankhafte Presbyopie [1]), so daß kleinere nahe Gegenstände nicht deutlich aufgefaßt werden. Bildet sich die Myopie accidentell aus, so tritt dieses meist in Folge der Beschäftigungen, welche Bildung und Stand erfordern, ein. Bei dem Lesen, Schreiben, Nähen, Sticken und allen feineren Gesichts- und Handarbeiten überhaupt muß das Sehorgan Tag für Tag Stunden lang in die Nähe sehen. Dieser Zustand wird allmälig durch das Gewicht seines Majoritätsverhältnisses habituell und das Auge zu einer künstlichen bleibenden Myopie erzogen. Sie tritt meist zwischen dem 10ten und 12ten bis 20sten Lebensjahre in ihren ersten bemerklicheren Folgen hervor und erhält sich später oder nimmt sogar zu, weil sich die veranlassenden Ursachen eher vergrößern als vermindern. Umgekehrt üben sich Jäger, Oeconomen, Handwerker, die mit größeren Arbeiten umgehen, in Fernsichtigkeit, die sich mit den höheren Jahren aus den schon angeführten Gründen erhöht, aber auch einseitiger wird.

Wie groß der Einfluß der Beschäftigungen auf die Ausbildung der Kurz- oder Weitsichtigkeit sei, lehren die statistischen Angaben, welche einzelne Forscher in dieser Beziehung geliefert haben. Schon Ware [2]) fand fast keinen Kurzsichtigen unter 10000 englischen Soldaten, nur 3 unter 1300 Kindern, dagegen 32 unter 127 Studenten. Holke [3]) hat in dieser Beziehung ausgedehntere und speciellere Untersuchungen mitgetheilt. Unter 14075 Personen jeden Alters, Geschlechtes und Standes ergaben sich 6379 Kurzsichtige, 5685 Weitsichtige und 2011 Schwachsichtige. Die Gesammtsumme = 100 hat daher die Myopie 45,32 %, die Presbyopie 40,39 % und die Amblyopie 14,29 %. Um aber den Einfluß des Alters und der Beschäftigungen näher kennen zu lernen, habe ich die nachfolgende Tabelle dergestalt entworfen, daß ich die Zahl der von Holke untersuchten Personen jeder einzelnen Rubrik = 100 setzte und diese außerdem auf den Gesammtwerth 14075 reducirte. Hiernach ergiebt sich:

---

1) Belege hierfür siehe z. B. ebendaselbst S. 278.
2) a. a. O. S. 255.
3) Holke Disquisitio de acie oculi dextri et sinistri. Lipsiae, 1830. 4. G. Th. Fechner's Repertorium der Experimentalphysik. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. S. 208 ff.

Individuen.		Procentige Werthe. Beschaffenheit des Gesichtsorganes. Beide Augen							Gesammtsumme der untersuchten Personen.	Verhältniß dieser Gesammtsumme zu der aller geprüften Individuen überhaupt.
		ungleich				gleich				
		kurzsichtig.		weitsichtig.						
Stand.	Alter in Jahren.	das linke kurzsichtiger	das rechte kurzsichtiger	das linke weitsichtiger	das rechte weitsichtiger	kurzsichtig.	weitsichtig.	amblyopisch.		
Schüler u. Studenten	16—25	13,79	26,11	1,04	1,10	54,36	2,44	1,16	1639	0,1165
Theoretische Gelehrte	25—60	15,19	17,67	1,41	1,77	51,24	9,89	2,83	283	0,0201
Prakticirende Gelehrte	25—60	13,41	13,47	5,29	6,46	36,06	20,41	4,90	1797	0,1277
Männer höheren Standes	16—60	11,00	15,18	5,50	5,24	41,36	18,32	3,40	382	0,0271
Künstler	16—60	5,88	4,58	11,11	5,88	12,42	47,71	12,42	153	0,0109
Schreiber	16—60	10,22	14,36	5,95	5,95	29,37	22,51	11,64	773	0,0549
Kaufleute von sitzender Lebensart, Rechnungsführer 2c.	16—60	11,25	15,50	6,99	5,17	36,47	17,33	7,29	329	0,0234
Kaufleute, die ein bewegtes Leben führen, Ladendiener 2c.	16—60	8,39	11,48	8,19	7,84	23,98	31,66	8,46	2527	0,1795
Jäger, Oeconomen, Ackersleute 2c.	6—16 (16–60?)	2,02	2,86	11,11	11,95	6,23	51,18	14,65	594	0,0422
Brauer	16—60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67	12	0,0009
Soldaten, Officiere	16—60	8,22	7,63	6,85	12,13	22,70	29,94	12,53	511	0,0363
Schuster	16—60	2,29	3,82	12,21	9,92	6,11	43,51	22,13	131	0,0093
Schneider	16—60	0,53	2,63	13,16	16,84	5,26	42,10	19,48	190	0,0135
Schmiede und andere Feuerarbeiter	16—60	1,47	4,90	9,31	4,41	4,41	42,16	33,34	204	0,0145
Andere Handwerker, deren Arbeit weniger Einfluß auf das Gesicht hat	16—60	3,87	4,33	10,48	11,28	9,23	41,22	19,59	878	0,0624
Frauen aus den niederen Ständen	16—60	5,33	7,16	8,35	8,73	17,46	29,76	23,21	2624	0,1864
Frauen aus den höheren Ständen	16—60	1,28	2,05	7,95	9,74	3,85	33,33	41,80	390	0,0277
Knaben	8—16	16,67	11,54	6,41	2,56	38,46	3,85	20,51	78	0,0055
Mädchen	8—16	17,86	17,86	0,00	3,57	46,43	7,14	7,14	28	0,0020
Gelehrte	60—90	6,49	7,79	9,74	5,20	14,93	25,97	29,88	154	0,0109
Künstler	60—90	8,33	2,78	5,56	11,11	8,33	22,22	41,67	36	0,0026
Kaufleute	60—90	0,00	0,00	9,62	0,00	3,85	40,38	46,15	52	0,0037
Jäger	60—90	5,36	1,79	1,79	1,79	1,79	30,35	57,13	56	0,0040
Handwerker [1]	60—90	4,00	1,33	8,00	6,67	2,67	17,33	62,67	75	0,0053
Frauen	60—90	1,68	0,56	5,59	5,03	7,26	14,52	65,36	179	0,0127

[1]) In der Einzeltabelle sind hier 78 Einheiten statt 75 verzeichnet.

Nehmen wir nun an, daß Holke eine zur Aufstellung allgemeiner Normen hinreichende Zahl von Individuen untersucht hat — was mit Ausnahme Einzelner, z. B. der Brauer, richtig sein dürfte — so können wir zunächst den Einfluß der verschiedenen Beschäftigungen erwachsener Männer auf die Sehweite am einfachsten beurtheilen, wenn wir die procentigen Werthe der Kurz- und Weitsichtigkeit ohne Rücksicht auf die Gleichheit oder Ungleichheit beider Augen zusammenstellen. Die nachfolgende Tabelle ist derart entworfen, daß sich auf der einen Seite diejenigen Rubriken befinden, bei welchen die Myopie, auf der anderen die, bei welchen die Presbyopie die Majorität der Fälle in Verhältniß zur Kurzsichtigkeit ausmacht.

Männer zwischen 16 bis 25 und 60 Jahren.	Procentige Menge der Kurzsichtigen.	Männer zwischen 16 und 60 Jahren.	Procentige Menge der Weitsichtigen.
Schüler und Studenten.	94,26 %	Brauer.	33,33 %
Theoretische Gelehrte.	84,10 %	Kaufleute mit bewegter Lebensweise, Ladendiener 2c.	47,69 %
Männer höherer Stände.	67,54 %	Soldaten, Officiere.	48,92 %
Kaufleute mit sitzender Lebensweise, Rechnungsführer 2c.	63,22 %	Schmiede und andere Feuerarbeiter.	55,88 %
Prakticirende Gelehrte.	62,94 %	Handwerker, deren Arbeit weniger Einfluß auf das Gesicht hat.	62,98 %
Schreiber.	53,95	Künstler.	64,70 %
		Schuhmacher.	65,64 %
		Schneider.	72,10 %
		Jäger, Oeconomen, Ackersleute.	74,24 %

Unter den Frauen aus niederen Ständen zwischen 16 und 60 Jahren (die sich wahrscheinlich mehr mit weiblichen Handarbeiten beschäftigen) finden sich 29,95 %, unter denen höherer Klassen dagegen nur 7,18 % Kurzsichtige. Da die oben verzeichneten Männer im Durchschnitt 39,44 %, die Frauen von gleichen Altersgrenzen dagegen nur 18,56 % Myopische geben, so würde ungefähr je eine kurzsichtige Frau auf 2 bis 3 myopische Männer kommen.

Was die Wirkung des Alters betrifft, so ergiebt sich in dieser Beziehung folgende Mitteltabelle:

Individuen.	Alter in Jahren.	Procentige Menge		
		der Kurzsichtigen.	der Weitsichtigen.	der Amblyopischen.
Knaben.	8—16	66,67 %	12,82 %	20,51 %
Mädchen.	8—16	82,15 %	10,71 %	7,14 %
Männer.	16—60	39,44 %	44,54 %	16,02 %
Frauen.	16—60	18,56 %	48,92 %	32,51 %
Männer [1].	60—90	13,88 %	47,49 %	13,88 %
Frauen.	60—90	9,50 %	25,14 %	65,36 %

[1]) Hier kommt natürlich wegen des schon in der Haupttabelle bemerkten Fehlers, der sich bei den Handwerkern zwischen 60 und 90 Jahren eingeschlichen, etwas mehr als 100 heraus

Wir sehen hieraus, daß die Kurzsichtigkeit bei beiden Geschlechtern mit dem Alter aus den schon oben angeführten Gründen bedeutend abnimmt und bei den Männern auf ungefähr ⅓, bei den Frauen dagegen auf ½ sinkt. Daß Knaben und Mädchen zwischen 8 und 16 Jahren so hohe Werthe der Myopie haben, kann möglicher Weise daher rühren, daß diese Individuen ihre gehörige Sehweite nicht mit aller nöthigen Richtigkeit anzugeben verstehen. Sollte dieses nicht der Fall gewesen sein, so ließe sich annehmen, daß sie durchschnittlich gebildeteren Ständen angehörten und die großen Zahlen der Kurzsichtigkeit den Ausdruck der reichlichen myopischen Beschäftigungen in den Schulen darstellten.

Die Rubrik der Amblyopie giebt wahrscheinlich diejenigen Resultate, welche am problematischsten sind. Nach ihr würde dieses Leiden bei erwachsenen und alten Frauen bei weitem mehr als bei Männern vorherrschen.

Um endlich noch den Einfluß der verschiedenen Beschäftigungen auf die Abnahme der Kurz- und die Zunahme der Weitsichtigkeit oder der Amblyopie im höheren Alter kennen zu lernen, dient die nachfolgende Tabelle:

Alter in Jahren.	Gelehrte			Künstler			Kaufleute		
	kurzsichtig.	weitsichtig.	amblyopisch.	kurzsichtig.	weitsichtig.	amblyopisch.	kurzsichtig.	weitsichtig.	amblyopisch.
16—60	73,52%	22,62%	3,86%	22,88%	62,70%	12,42%	53,54%	38,59%	7,87%
60—90	29,21%	40,91%	29,88%	19,44%	38,89%	19,44%	3,85%	50,00%	46,15%

Alter in Jahren.	Jäger			Handwerker		
	kurzsichtig.	weitsichtig.	amblyopisch.	kurzsichtig.	weitsichtig.	amblyopisch.
16—60	11,11 %	74,24 %	14,65 %	9,78 %	57,98 %	32,24 %
60—90	8,94 %	33,93 %	57,13 %	8,00 %	42,00 %	62,67 %

Wir sehen hieraus, daß die Kurzsichtigkeit aller angeführten Stände in höherem Alter geringer wird. Die Weitsichtigkeit vermehrt sich nur direct bei Gelehrten und Kaufleuten, nimmt dagegen bei Künstlern, Jägern und Handwerkern, d. h. solchen, die in früheren Jahren vorherrschend presbyopisch waren, ab. Die Schwachsichtigkeit endlich vergrößert sich allgemein in späteren Jahren in sehr bedeutendem Maaße.

1067 Gleichwie die Myopie eine Folge der Gewohnheit sein kann, so läßt sie sich auch durch Entwöhnung verringern oder aufheben. Uebt sich der Kranke consequent, gedruckte Schrift in größerer nach und nach zunehmender Entfernung zu lesen, so wird sich seine Sehweite allmälig vergrößern. Ist jedoch der Uebergang zu plötzlich, so daß das Auge unverhältnißmäßig angestrengt wird, so wirkt die zuletzt eintretende Schwächung der Retina in bedeutendem Grade schädlich. Auf diesem Principe der langsam sich steigernden Entfernung des Gedruckten vom Auge beruht ein eigenes für Kurzsichtige gebautes Lesepult, welches Berthold[1]) unter dem Namen des Myopodiorthoticon angegeben hat. Das Gesicht ruht auf einem festgestellten Nasenstege, der nach Maßgabe der Umstände allmälig höher geschraubt zu werden vermag.

1068 Die Fehler der Myopie oder Presbyopie lassen sich natürlich am

[1]) A. A. Berthold das Myopodiorthoticon oder der Apparat, die Kurzsichtigkeit zu heilen. Göttingen, 1840. 8.

einfachsten dadurch verbessern, daß wir vor dem Auge compensirende Brechungsmedien, d. h. **Brillen**, anbringen. Da der Bulbus des Kurzsichtigen die Lichtstrahlen zu stark bricht, so daß ihre Vereinigungsweite vor die Netzhaut fällt, so werden hier Zerstreuungslinsen, d. h. concav-concave Gläser als Ergänzung für das Sehen in die Ferne dienen können. Umgekehrt muß der Presbyopische Sammellinsen, d. h. convex-convexe Gläser für die Wahrnehmung naher Gegenstände gebrauchen. Plan-concave oder plan-convexe Brillen werden deshalb unbrauchbar, weil hier bei jeder seitlichen Wendung des Auges und mit zunehmender Dicke des Glases eine Irregularität der Brechung und Undeutlichkeit der Bilder nothwendig entsteht. Einen ähnlichen Nachtheil verursachen auch schon biconvexe oder biconcave Gläser, vorzüglich wenn sie eine gewisse Dicke haben, bei allen Drehungen des Bulbus. Aus diesem Grunde verfertigt man auch in neuerer Zeit immer mehr sogenannte periskopische Brillen, d. h. convex-concave Linsen oder Menisci, deren concave Seite aber gegen das Auge gekehrt sein muß. Um jedoch ihrer starken Spiegelung, die sonst vorzüglich durch die in Form eines Hohlspiegels wirkende convexe Außenfläche stört, aufzuheben, giebt man ihr einen größeren Halbmesser als der Innenfläche. Bei den convex-convexen oder den concav-concaven Gläsern dagegen sind gewöhnlich die beiden Krümmungshalbmesser einander gleich. Es gilt für alle Brillengläser als allgemeine Regel, daß sie so beschaffen sein müssen, daß ihre Brennweite dem Produkte aus der gesunden natürlichen und der kranken Sehweite dividirt durch den Unterschied der letzteren und der ersteren entspricht.

Die letztere Norm ergiebt sich aus der für die Brennweite der Linsen gültigen Formel (§. 1033). Denn nehmen wir an, die Sehweite des myopischen oder presbyopischen Auges sei = v, die des gesunden = p, und es soll die Größe v, wenn die Brennweite der Brille = f, nach p rücken, so muß

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{v} \text{ sein.}$$

Hieraus folgt:

$$f = \frac{p \cdot v}{v - p}.$$

Bei dem Kurzsichtigen fällt die Sehweite zwischen der natürlichen und dem Auge. $v - p$ ist daher negativ und f, das auch negativ wird, muß aus diesem Grunde einer Zerstreuungslinse angehören. Umgekehrt bleibt $v - p$ bei dem Weitsichtigen positiv, so daß daher der Brennpunkt des geforderten Glases einer Sammellinse entspricht.

Nun war aber, wenn r und s die beiden Krümmungshalbmesser der Linse und n den Brechungsexponenten bezeichnet,

$$f = \frac{r\,s}{(n-1)(r+s)}$$

oder wenn r = s wird

$$f = \frac{r}{2}\,(n-1) = \frac{p \cdot v}{v - p}.$$

Hieraus folgt:

$$r = 2\,f\,(n-1) = \frac{2\,p\,v\,(n-1)}{v - p}.$$

Wenn z. B. die normale mittlere Sehweite zu 8 Zoll angenommen wird, so hat ein Kurzsichtiger, dessen Sehweite nur 4 Zoll beträgt, ein concav-concaves Glas von einem Hauptfocus von 8 Zoll nöthig. Sind beide Flächen des letzteren nach den gleichen Radien geschliffen, so beträgt dann jeder von ihnen, wenn n = 1,53 ist, 24,48 Zoll. Ein Weitsichtiger, der in einer Distanz von 12 Zoll kleine Schrift liest, braucht eine

biconvexe Linse von den gleichen Werthen. Sind dagegen die Halbmesser ungleich, so muß natürlich der eine gegeben sein, wenn man den anderen durch Rechnung finden soll.

Die Optiker bestimmen bekanntlich die Schärfe ihrer verkäuflichen Gläser nach Nummern. Obgleich die Brennweiten dieser einzelnen Linsen nach den verschiedenen Ländern wechseln, so gilt doch wenigstens an vielen Orten als allgemeinere Regel, daß der Hauptfocus der schwächsten Brillen 100 Zoll und der der stärksten 2 Zoll beträgt. Zuerst nehmen die Nummern von 10 zu 10 Zoll, dann zu 5, 4, 3 und endlich bei den kleinsten Größen zu ½ — ¼ Zoll ab, weil in dem letzteren Falle die Unterschiede der Hauptbrennweiten immer bedeutender ausfallen [1]).

1069 Soll die Benutzung der Brillen mit keinen Nachtheilen verbunden sein, so ist das erste Erforderniß, daß sie aus hellem durchsichtigen Materiale, gutem Glase oder selbst reinem Bergkrystalle bestehen. Von leichten Kritzen, welche durch den Gebrauch erzeugt werden, abstrahirt das Auge, sobald sie nicht zu bedeutend werden. Dagegen bedingt jede durch Unreinigkeiten erzeugte Unklarheit des Glases eine Umflorung des Bildes, die um so schädlicher wird, je auffallender sie nur das eine Auge trifft. Sind beide Bulbi ungleich kurz- oder fernsichtig, so kann man sich, wenn das Uebel einen bedeutenden Grad erreicht, verschiedenartiger Gläser bedienen. Jedoch müssen sie sehr genau ausgewählt sein, damit der gleiche Effect herauskomme. Ist dieses nicht der Fall, so wird das eine Auge bevorzugt und dem anderen nur um so intensiver geschadet.

1070 Periskopische Gläser können sehr gut bei Brillen, deren Gestell so eingerichtet ist, daß immer dieselbe Seite der Gläser gegen die Augen gekehrt wird, angewendet werden, weil sie nicht bloß die Bewegungen des Auges unschädlich machen, sondern auch der sphärischen Aberration entgegenarbeiten. Bei Lorgnetten, die bald mit der einen, bald mit der anderen Oberfläche gegen das Auge gerichtet werden, müssen auch beide Seiten gleich geschliffen sein. Alle großen Fassungen von Horn, Silber u. dgl. schaden dadurch, daß sie das Auge unnöthig beschatten und vorzüglich das Sehfeld beschränken. Immer aber ist als Regel festzustellen, daß die Gläser groß genug sind, um die freie Oberfläche des Bulbus in mehr als hinreichendem Maaße zu bedecken, damit nicht der Augapfel bei irgend bedeutenden Drehungen über die Brille hinweg und ohne Unterstützungsmittel sehe.

1071 Kurzsichtige laufen vorzugsweise Gefahr, sich immer mehr ihre Infirmität durch die unpassende Wahl oder den unzweckmäßigen Gebrauch von Brillen zu verschlimmern. Indem sie nämlich ferne Gegenstände undeutlich sehen, bildet für sie die Benutzung convex-convexer oder periskopischer Zerstreuungsgläser überhaupt eine große Lockung. Sie suchen daher solche Brillen aus, bei welchen sie ferne Objecte möglichst bestimmt wahrnehmen. Diese Nummern sind ihnen aber oft etwas zu scharf. Die Gegenstände erscheinen durch sie etwas kleiner als sie sich darstellen sollten. Hierdurch gewöhnen oder zwingen sie ihr Auge zu einer bedeutenderen ha-

---

[1]) Ein Verzeichniß der Radien zu den Brennweiten von 2,9 bis 606,3 Wiener Zoll siehe in J. J. Prechtl technologische Encyclopädie oder alphabetisches Handbuch der Technologie, technologischen Chemie und des Maschinenwesens. Bd. III. Stuttgart, 1831. S. 174.

bituellen Myopie und gehen allmälig zu immer schärferen Brillen über, je öfter sie den Fehler wiederholen. Eine noch häufigere Ursache desselben Uebelstandes liegt in der sehr verbreiteten Gewohnheit, selbst nahe Gegenstände durch die Brille zu betrachten, z. B. mit ihr zu schreiben, zu zeichnen u. dgl. Hier ist der Zwang für das Auge noch größer, und junge Leute, die vielleicht im Anfange mehr aus Mode, dann aus wahrem dringenden Bedürfniß Augengläser gebraucht haben, müssen diese von Jahr zu Jahr immer schärfer nehmen, bis sie endlich in der That zu bedeutenden Myopen geworden sind. Hält ein Kurzsichtiger streng darauf, daß seine Brille auch nicht ein Minimum zu scharf ist und er sie nur zur Betrachtung von Gegenständen, die jenseits der Grenzen seiner Sehweite liegen, gebraucht, so wird sich sein Uebel nicht nur ohne äußere Veranlassung Jahre lang nicht verschlimmern, sondern er kann auch sogar sein Gesicht, wie schon §. 1062 angeführt worden, durch sehr allmälige, aber consequente Erziehung wesentlich verbessern.

Weitsichtige haben vorzüglich zu schwache Gläser, welche ihr Sehen 1072
in die Nähe undeutlich machen, zu vermeiden. Bei Leuten, denen die Krystalllinse in Folge der Staaroperation aus dem Auge oder wenigstens aus der Pupille entfernt worden, müssen convex-convexe Gläser, sogenannte Staarbrillen, die mangelnde stärkere Brechung ersetzen. Sie gehören natürlich zu den schärfsten Gläsern, deren sich der Mensch überhaupt in dieser Hinsicht bedient, und haben in der Regel nur eine Hauptbrennweite von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll.

Aus der obigen Formel $f = \frac{p \cdot v}{v - p}$ folgt $v = \frac{f\,p}{f - p}$. Nehmen wir nun an, daß die natürliche Sehweite = 8 Zoll und der Hauptfocus der Staarbrille = 2 bis 2,5 Zoll ist, so muß die kranke Sehweite eines Staaroperirten — $2\frac{2}{3}$ bis — 3,63 Zoll betragen, so daß ohne starke Sammelgläser gar keine deutlichen Bilder zu Stande kommen würden. Allein auch hier ergänzt die Natur den Mangel durch Nebeneinrichtungen auf möglichst passende Weise. Nachdem nämlich die Linse ausgezogen worden, füllt sich die Linsenkapsel mit neuer Ausschwitzungsmasse oder selbst ächter Linsensubstanz wiederum an (Bd. I. S. 701), so daß hierdurch wahrscheinlich schon in der ersten Zeit eine Art von Compensation eintritt und das unmittelbare Sehen großer und entfernter Gegenstände möglich wird. Unter welchen Verhältnissen dieses bisweilen unmittelbar nach der Operation zu Stande kommt, bedarf noch näherer genauer Untersuchungen.

Bei dem Gebrauche von Staarbrillen, den man immer erst nach dem gänzlichen Verschwinden aller Reizung des Auges gestatten darf, drohen dieselben Klippen, welche in Betreff der Kurzsichtigkeit angeführt worden. Ein zu scharfes Glas schadet hier leicht und führt bald zu der Nothwendigkeit der Anwendung noch schärferer Linsen.

Wenn die den Menschen umgebenden Gegenstände, wie z. B. Glet- 1073
scherflächen, Schneefelder, sehr weiß angestrichene Häuser, lebhafte Flammenbilder u. dgl. zu viel Licht zurückwerfen, so wird das Auge wegen der zu bedeutenden Menge von Lichtstrahlen, welche in dasselbe einfallen, geblendet. Das Sehen erfordert dann mehr Anstrengung. Die Netzhaut ermüdet leicht und wird durch anhaltende Einflüsse der Art nicht selten geschwächt, obgleich die ungemeine Scharfsichtigkeit der Gemsjäger deutlich zeigt, daß dieses nicht immer der Fall ist. Schon gewöhnliche weiße Brillengläser, wie sie von Myopischen oder Presbyopischen gebraucht werden,

helfen hier sehr viel, indem ein großer Theil der Lichtstrahlen zurückgeworfen wird. Man gebraucht aber auch, um das Grelle aufzuheben, grüne oder besser blaue Gläser, welche den Eindruck mildern und selbst das Unterscheiden der Farben bei einiger Uebung leicht möglich machen. Am zweckmäßigsten sind in dieser Beziehung die sogenannten achromatischen Brillen, die besonders bei dem stark gelbröthlich gefärbten Kerzen- oder Flammenlichte in Anwendung kommen. Bei ihnen ist weißes und blaues Glas dergestalt vereinigt, daß eine vollkommene Gleichheit der Färbung und der Brechung daraus resultirt.

1074 Alle Gegenstände, welche diesseits oder jenseits der Grenzen der mittleren Sehweite liegen und deren Vereinigungsweite vor oder hinter der Netzhaut fällt, müssen auf dieser um so größere Zersteuungskreise hervorrufen, je bedeutender die Distanz ihres Focus von der Retina ist. Da aber die Unterschiede der Vereinigungsweiten für fernere und unendlich weite Gegenstände geringer, für sehr nahe dagegen um Vieles größer ausfallen, so werden die letzteren die auffallenderen und allgemeineren Phänomene der Art darbieten. Ein Mensch, welcher sehr kurzsichtig ist, sieht zwar oft einen sehr fernen Gegenstand, z. B. die Spitze eines Kirchthurmes, einen leuchtenden Stern, die Mondsichel, eine Kerzenflamme u. dgl., bei genauer Fixation doppelt. Allein diese Erscheinung tritt nur bei stärkeren Graden der Myopie und besonderer Anstrengung des Bulbus hervor. Das zweite seitlich und nach hinten verrückte Bild ist häufig so undeutlich, daß es nur wie ein verwaschener Schatten erscheint oder das Auge gänzlich von ihm abstrahirt. Phänomene der Art treten bei geringer Stärke von Myopie entweder gar nicht oder nur unter besonders begünstigenden Verhältnissen ein. Dagegen erfolgen solche Täuschungen bei Gegenständen, die sich diesseits der Sehweite z. B. 1—3 Zoll vom Auge entfernt befinden, deutlicher und zeigen sich natürlich bei allen Menschen, sie mögen kurz- oder weitsichtig sein.

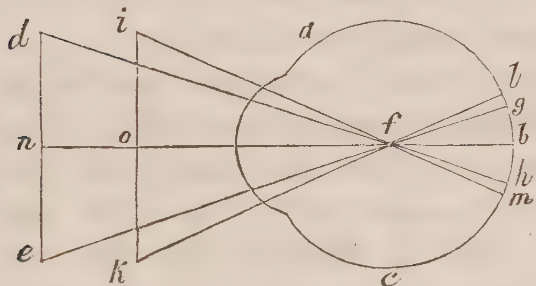
Halte ich z. B. einen Maaßstab nahe an das Auge und bringe an seinen Innenrand eine senkrecht gestellte Stecknadel so an, daß sie ungefähr 4 Zoll von der linken Cornea absteht, so erscheint das Bild scharf und deutlich. So wie sie dagegen bis zu 3½ bis 3⅓ Zoll nahe rückt, zeigt sich hinter der Stecknadel selbst ein etwas verwaschenes und zu einem großen Theil gedecktes zweites Bild derselben. Je näher sie meinem Auge rückt, um so mehr weichen beide Bilder aus einander; das vordere natürliche wird zugleich immer verwaschener, bis endlich bei 1—1½ Zoll Entfernung der Stiel gar nicht gesehen und der Knopf als eine bedeutend vergrößerte mattere Kugel oder Scheibe wahrgenommen wird. Diese erscheint bei noch größerer Nähe immer blasser und blasser, erhält sich aber noch in immer vergrößertem Maaßstabe, wenn selbst die Distanz nur ⅐ Zoll beträgt. Die Erklärung der Erscheinung ergiebt sich aus den Verhältnissen der Zerstreuungskreise von selbst. Auf die der Vergrößerung werden wir bald zurückkommen.

Befindet sich die Stecknadel so nahe, daß man nur einen blassen Schimmer derselben wahrnimmt, beträgt z. B. die Distanz nur ⅒ Zoll,

so verschwindet das Bild gänzlich, sowie man das Auge beschattet und auf diese Weise die Pupille zur Verkleinerung zwingt. Der Grund davon liegt darin, daß sich dann auch nothwendig die Größe des Zerstreuungskreises verringert, die directe Auffassung des Bildes aber, dessen Vereinigungsstelle weit hinter der Netzhaut liegt, von vorn herein unmöglich ist.

Die Vergrößerung des Bildes beruht auf der nothwendigen 1075
Erweiterung des Gesichtswinkels (Henle[1]), Hasenclever[2]). Gesetzt, abc sei der Durchschnitt des Auges und de die Stecknadel, die 4 Zoll von dem Auge entfernt ist, mithin noch einfach gesehen wird, so durchkreuzen sich ihre Richtungslinien in f und geben auf der Netzhaut das Bild gh. Rückt dagegen dieselbe Nadel bis nach ik dem Auge näher und durchkreuzen sich ihre Richtungslinien im und kl wiederum in f, so haben wir den Zerstreuungskreis lm. Dieser muß aber größer sein, wie das Bild gh, weil der Winkel ifk größer als dfe ist. Denn steht die Nadel z. B. so, daß sie durch die Augenachse nob halbirt wird, so ist dn = io, nf und of befinden sich in einer geraden Linie, und da nf > of, so ist ∠ ifo > dfn. Erscheint aber das Bild, indem es nicht unmittelbar, sondern durch seine Zerstreuungskreise wahrgenommen wird, noch deutlich genug, um aufgefaßt zu werden, so muß es sich zwar verwaschener, aber vergrößert darstellen.

Fig. 146.



Dieselbe Erfahrung machen wir, wenn wir z. B. Druckschrift dem Auge dergestalt nähern, daß sie diesseits der Grenze unserer mittleren Sehweite fällt. Die Buchstaben werden zuerst blasser, erhalten aber dafür eine größere Breite und Höhe und mehr Corpus. Sie werden dann mit abnehmender Entfernung immer undeutlicher, bis endlich Alles so verwaschen wird, daß wir höchstens die Richtung der Zeilen, nicht aber die einzelnen Lettern und Worte zu erkennen im Stande sind. Schieben wir aber zwischen unser Auge und dem Gedruckten ein Blatt Papier, welches eine Oeffnung besitzt, die kleiner als unser Sehloch ist, so werden die Buchstaben schärfer. Wir erkennen sie noch bei einer Entfernung, in welcher wir sie ohne dieses Hilfsmittel nicht mehr deutlich unterscheiden. Sie sind sogar, wie sich aus §. 1046 von selbst ergiebt, noch mehr als in letzterem Falle vergrößert. Der Grund der erhöhten Deutlichkeit liegt in den allgemeinen schon §. 1030 erwähnten Einflüssen, welche die Diaphragmen ausüben. Da die Vereinigungspunkte von Strahlen, welche in verschiedenen Entfernungen von der Achse auf eine Linse auffallen, dieser um so näher rücken, je mehr sie von der Achse abstehen, so muß auch

---

[1]) Henle in Müller's Physiologie. Bd. II. Abth. II. Coblenz, 1838. 8. S. 340.

[2]) R. Hasenclever die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Ein Beitrag zur Theorie des Sinnenlebens. Berlin, 1842. 8. S. 77.

jeder leuchtende Punkt, sobald die Pupille weiter ist, um so verschiedenartigere Zerstreuungskreise in dem oben erwähnten Falle bedingen. Erreicht dagegen das Sehloch sein Minimum oder wird die Oeffnung durch ein vorgeschobenes durchlöchertes Papier noch mehr verkleinert, so können natürlich nur noch solche Strahlen durchgehen, welche in geringerer Distanz von der Linse verlaufen und daher die Beschaffenheit von Achsenstrahlen in bedeutendem Maaße annehmen. Es muß deshalb die Verkleinerung der Pupille sowohl die regelrechten Bilder, als die Zerstreuungskreise verdeutlichen, sobald nur das Object mit hinreichender Intensität beleuchtet ist. Aus diesem Grunde kommt auch derselbe Einfluß der Größe der Oeffnung bei dem in §. 1041 beschriebenen künstlichen Auge zum Vorschein.

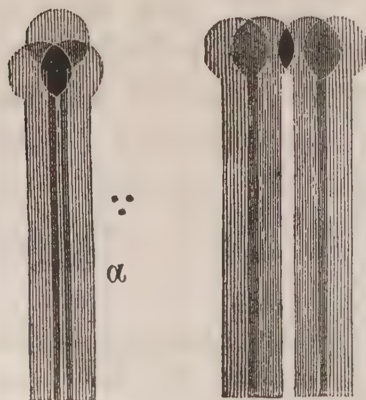
1076 Ein anderer Versuch, der zuerst von Scheiner angegeben und in der Folge von Physikern und Physiologen vielfach modificirt worden, erklärt sich nach denselben Grundsätzen. Sehen wir z. B. ein Haar oder eine Stecknadel durch ein Papier, das zwei Oeffnungen besitzt, die selbst nebst ihrem Abstande kleiner als die Pupille sind, so erscheint das Bild nur innerhalb der Grenzen der Sehweite einfach, jenseits und diesseits derselben dagegen doppelt. Betragen z. B. die beiden Oeffnungen mit ihrer gegenseitigen Distanz 1,5 Millimeter im Durchmesser, so sehe ich mit meinem linken kurzsichtigen Auge eine Stecknadel einfach, sobald sie nicht ganz 4 Zoll oder mehr als 8 bis 9 Zoll von meinem Auge entfernt ist. Sie wird aber außerhalb dieser beiderseitigen Schranken doppelt. Betragen dagegen die beiden Löcher des Papiers mit ihrer gegenseitigen Entfernung nur 1 Millimeter, so sehe ich bei zu großer Nähe scheinbar drei Bilder, indem die vergrößerten Doppelbilder a und b, welche matt sind, einander theilweise decken und an dieser Stelle ein sehr schattiges Bild, wie es c (Fig. 147) zeigt, erzeugt wird. Entsteht aber das Doppelbild durch einen zu großen Abstand der Nadel von der Hornhaut, so fehlt die Erscheinung selbst bei dieser Kleinheit der Oeffnung. Durch eine geringere Ausdehnung der Löcher wird das Phänomen deutlicher und die Grenze seines Auftretens zum Theil größer.

Fig. 147.



Hat das Papier drei Durchbohrungen, von denen zwei neben einander und das dritte unter ihnen steht, ohne daß sie zusammen die Größe der Pupille überschreiten, so erhalten wir drei Bilder, so wie es Fig. 148 a darstellt. Sind die drei Löcher horizontal, so sehe ich nicht bloß 3, sondern 4 wagerecht neben einander stehende Nadeln, so wie es Fig. 148 b zeigt, wenn die Größen und Abstände der Oeffnungen zusammen 1,5 Millimeter betragen. Bei 4 Löchern, die zu je zwei über einander stehen, kommen zwei obere Bilder mit der mittleren dunklen Kernfigur und zwei untere zu Stande u. s. w.

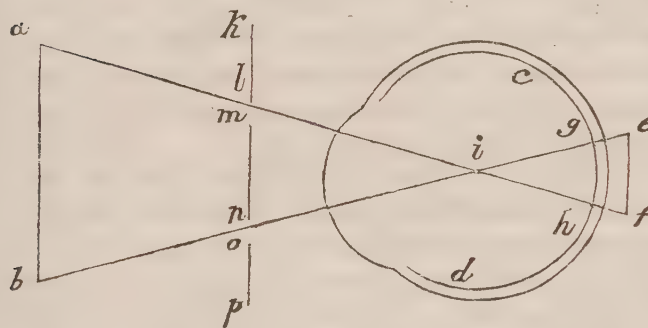
Fig. 148.



Schon der Umstand, daß die Vervielfältigung der Bilder innerhalb der Grenze der mittleren Sehweite ausbleibt, zeigt, wie J. de la Motte [1]) zuerst richtig bemerkte, deutlich, daß die Erscheinung auf der Wahrnehmung durch Zerstreuungskreise beruht. Dieses bestätigen auch die Gegenversuche. Hat ein Kurzsichtiger seine Zerstreuungsbrille vor dem Auge, so rückt die Grenze, bei welcher die Nadel noch einfach erscheint, weiter hinaus, und umgekehrt verhält sich die Sache bei einem Weitsichtigen, wenn er sein Auge durch ein Sammelglas zum Nahesehen stärkt.

Jedes Loch wirkt in allen diesen Fällen gleich einer kleinen Pu- 1077
pille, welche das Licht centrirt und daher ihr Bild verdeutlicht. Man kann deshalb das Experiment als ein Mittel ansehen, die Auffassung der Zerstreuungsbilder zu verbessern. Es ergiebt sich aber aus der Natur der Zerstreuungskreise von selbst, welches Bild jedem Loche des Papiers entspricht. Denn denken wir uns, ab sei der Gegenstand und cd der Netzhautabschnitt, so würde das Bild, wenn das Object zu nahe liegt, erst in ef vollkommen entsprechend, auf der Netzhaut cd dagegen in dem Zerstreuungskreise g und h erscheinen. Werden nun durch die Oeffnungen lm und no des Papiers kp die bei g und h auffallenden Strahlen centrirt und isolirt, so muß das obere Bild g verschwinden, wenn man das untere oder entgegengesetzte Loch no verdeckt, und umgekehrt. Befindet sich dagegen das Object jenseit der Sehweite, so findet die Vereinigungsweite der von ab ausgehenden Lichtstrahlen vor der Netzhaut Statt. Die auf der Retina entstehenden Zerstreuungskreise erzeugen sich dadurch, daß die Strahlen hinter dem Focus von Neuem auseinander weichen. Es findet also eine doppelte Kreuzung, eine in i und eine in der vor der Netzhaut liegenden Vereinigungsweite Statt. Das Zerstreuungsbild g muß deshalb nicht der Oeffnung no, sondern der gegenüberliegenden lm entsprechen. Daher auch der durch die Erfahrung bestätigte Satz, daß das eine der beiden Bilder bei zu großer Nähe des Gegenstandes dann verschwindet, wenn man die entgegengesetzte, bei zu großer Ferne dagegen, wenn man die entsprechende Oeffnung des Papiers verdeckt [2]). Aus ähnlichen Ursachen scheint die Nadel, wenn sie diesseit der Sehweite liegt, nach oben zu gehen, wenn man das Papier nach unten, nach rechts zu treten, wenn man es nach links verschiebt, und umgekehrt [3]).

Fig. 149.



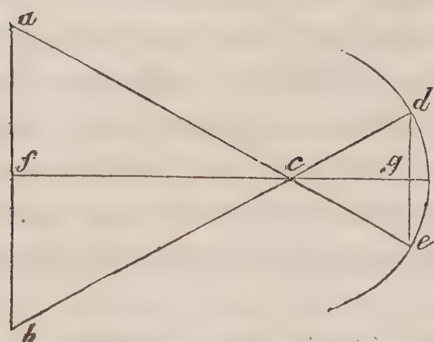
---

[1]) E. Wilde Geschichte der Optik vom Ursprunge dieser Wissenschaft bis auf die gegenwärtige Zeit. Thl. I. Berlin, 1838. 8. S. 215.

[2]) Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 67.

[3]) Hasenclever a. a. O. S. 80.

Fig. 150.



Liegt der Gegenstand diesseit der Sehweite und bildet annahmsweise der Kreuzungspunkt c der Richtungslinien ae und bd eine fixe Stelle, welche mit dem Drehpunkte des Auges zusammenfällt (§. 1047), so stellt der Durchmesser des gerade gedachten Zerstreuungskreises de eine Function der Größe des Gegenstandes und der Entfernung desselben von dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien dar. Denn ist fg die verlängerte Augenachse, welche ab und de senkrecht durchschneidet, so haben wir, da $\angle$ acb = $\angle$ dce und bei f und g rechte Winkel sind, ac : ab = cd : de und de = $\frac{ab \times cd}{ac}$. Nach diesem Principe wurden von Volkmann eine Reihe von Bestimmungen, deren Details in seiner Schrift: Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 136 fgg. und in Poggendorff's Annalen. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8 S. 203 fgg. verzeichnet sind, gemacht. W. Weber versuchte bei dieser Gelegenheit eine von der Beobachtung unabhängige theoretische Formel zu geben. Rechnung und Beobachtung zeigen jedoch hierbei meist bedeutende Abweichungen, wie dieses bei den approximativen zum Grunde gelegten Voraussetzungen nicht anders sein kann. Burow [1]) wandte gegen diese Methode überhaupt ein, daß der Natur der Sache nach die Ablesung der Entfernung der Doppelbilder sehr leicht Fehler, die auf die Rechnung von merklichem Einflusse sind, einschließe. Volkmann [2]) entgegnete hierauf, daß die Differenzen zwischen Theorie und Erfahrung in den ersten 15 von ihm mitgetheilten Beobachtungen nur $^1/_{500}$, sonst aber nicht einmal $^1/_{1000}$ Zoll ausmacht. Da es jedoch bei diesem Gegenstande nicht auf den absoluten Unterschied, sondern den relativen in Verhältniß zu dem geforderten Werthe ankommt, so ändert sich die Sache, wenn wir diesen betrachten. Denn dann fällt die Differenz in den meisten Fällen bedeutender aus und beträgt sogar nicht selten die Hälfte der geforderten Größe. Ist dieses aber auch der Fall, so bleibt doch die von Volkmann gebrauchte Methode ein ungefähres Mittel, um die Größe dieser Zerstreuungskreise schätzungsweise zu bestimmen. Auf die zum Theil hierher gehörenden Erfahrungen von Burow werden wir in der Folge bei Gelegenheit der Gesichtslinien oder Sehlinien zurückkommen.

1078 Der Scheiner'sche Versuch wurde noch als Grundlage benutzt, um sogenannte Optometer, d. h. Apparate, mittelst welcher man die mittlere Sehweite eines Menschen bestimmen kann, zu verfertigen (Porterfield [3]), Young [4]), Holke, Lehot). Am einfachsten gestaltet sich die Vorrichtung, wenn man einen über einem schwarzen Lineal ausgespannten weißen Faden durch eine oder zwei kleine Oeffnungen, welche von der Pupille an Größe übertroffen werden, so hinvisiren läßt, daß das eine Ende des Instrumentes dem anderen Ende der Augenachse möglichst nahe liegt. Der Faden ab wird natürlich innerhalb der Grenzen der Sehweite des Auges am dünnsten erscheinen, diesseit und jenseit derselben dagegen dicker werden oder zu den conischen oder doppelten Bildern dce und fcg aus einander weichen. Durch abwechselnde Fixation näherer und entfernterer Theile lassen sich auf diese Art die beiderseitigen Grenzen der Sehweite finden. Der in dieser Hinsicht genaueste Apparat, der auf den Principien

---

[1]) A. Burow Beiträge zur Physiologie des menschlichen Auges. S. 87. 88.
[2]) Müller's Archiv. 1843. S. 8.
[3]) Priestley's Geschichte der Optik. Bd. II. S. 459.
[4]) Philosophical Transactions. 1801. Part. I. p. 35.

des Scheiner'schen Versuches ruht, ist von Stampfer angegeben worden[1]). Man sieht aber leicht, daß solche Vorrichtungen selbst im günstigsten Falle nur ungefähre Resultate geben können.

Fig. 151.



Die Beugung des Lichtes am Rande der Pupille 1079
spielt ebenfalls bei manchen Erscheinungen des Sehens eine wesentliche Rolle. Wir erblicken z. B. durch eine Stecknadel, welche so nahe vor der Hornhaut steht, daß nur der Schimmer derselben wahrgenommen wird, die Kreuze eines entfernten, gerade gegenüber liegenden Fensters ziemlich deutlich, indem noch ein Theil der Lichtstrahlen durch Inflexion am Pupillarrande in's Auge dringt. Sie werden aber mehr oder minder gedeckt, so wie wir zwischen der Stecknadel und der Hornhaut ein mit einer sehr kleinen Oeffnung versehenes Papier vorschieben. Betrachten wir die Kante eines fernen Hauses und führen nahe bei dem Auge ein Kartenblatt vorbei, so scheint sich das erstere aus ähnlichen Gründen etwas zu verschieben und zu verbreitern, so wie der Innenrand des letzteren dasselbe zu decken beginnt.

Die Farbenzerstreuung beruht auf der Eigenthüm- 1080
lichkeit, daß jeder farblose Lichtstrahl, welcher durch ein brechendes Medium hindurchgeht, in verschiedenfarbige Bestandtheile zerlegt wird. Das vollständige Spectrum, das man auf diese Weise erhält, wenn man einen mittelst eines Metallspiegels durch eine kleine Oeffnung eines dunkelen Zimmers eingeleiteten Sonnenstrahl durch ein Glasprisma gehen und in gehöriger Entfernung auf eine Wand auffallen läßt (so daß das Farbenbild mehr als doppelt so lang, als das einfache Sonnenbild ist), zeigt Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett. Setzt man die Länge des ganzen Spectrums = 1, so beträgt das Roth nach Newton 0,12; das Orange 0,07: das Gelb 0,13; das Grün 0,17; das Hellblau 0,17; das Dunkelblau 0,11 und das Violett 0,23. Jedoch sind diese Werthe nur ungefähre, weil die einzelnen Farbennuancen allmälig, obgleich, wie die bald zu erwähnenden Frauenhofer'schen Linien zeigen, nicht ganz stetig in einander übergehen.

Die Ursache des Spectrums liegt darin, daß die verschiedenen Strahlen, 1081
wenn sie ein bestimmtes Refractionsmedium durchdringen, auf differente Weise abgelenkt werden. Die rothen haben in dieser Beziehung die geringste, die violetten die größte Brechbarkeit. Wird das Spectrum mittelst einer Sammellinse oder eines Sammelspiegels so fortgeleitet, daß sich die Differenz der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen ausgleicht, so erhält man wiederum farbloses, einfaches, homogenes Licht.

Da die verschiedenen Hauptfarben des Spectrums in einander übergehen, 1082
so wäre man hierdurch gehindert, die Grenzen jeder einzelnen aufzufinden und deren Brechungsexponenten zu suchen, wenn nicht die von Frauen-

[1]) Siehe die Beschreibung und Abbildung desselben in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836 8. S. 751. Tab. XV. Fig. 319.

hofer entdeckten Linien des Farbenspectrums einen Anhaltspunkt gewährten. Wenn nämlich ein Sonnenstrahl durch die feine Spalte eines dunkelen Zimmers und ein Prisma, dessen Kanten mit der Spalte parallel stehen, tritt, so bemerkt man an dem Spectrum schon mit dem freien Auge, besser aber noch mit dem Fernrohre eine große Zahl dunkeler senkrechter Linien, die bald dünner, bald dicker sind. Die letzteren bestehen häufig aus vielen dicht bei einander befindlichen Strichen, welche erst bei stärkerer Vergrößerung auf isolirte Weise wahrgenommen werden. Indem nun diese Linien sicherere Anhaltsstellen darbieten, wählte Frauenhofer sieben durch sie bestimmte Zwischenräume, welche er mit B, C, D, E, F, G und H bezeichnete und deren dunkele Linien, d. h. deren fehlende Strahlen ihrem Brechungsverhältniß nach bestimmt wurden. B liegt dann im unteren Theile des Roth, C in ihm weiter oben, D im Orange, E an der Grenze zwischen Gelb und Grün, F nahe an der von Grün und Blau, G im Dunkelblau und H im Violett. Von B bis C existiren noch neun feine scharfe Linien, zwischen C und D ungefähr 30, zwischen D und E 84, von E bis F mehr als 76, von F bis G 185 und G bis H 190. Außer diesen 574 Streifen, von denen die drei stärksten zwischen E und F fallen, liegen noch jenseit dieser Grenzen so viele, daß im Ganzen 600 bis 700 existiren. Bezeichnet man nun den Brechungsexponenten von B mit n_1, den von C mit n_2 u. s. f., so ergaben sich z. B. für die sieben Linien B, C, D, E, F, G folgende Werthe:

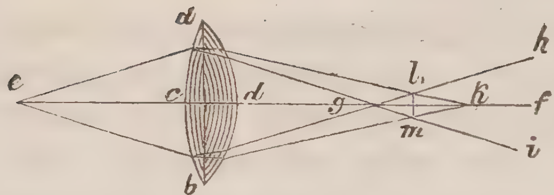
Substanz.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7
Wasser.	1,330935	1,331712	1,333577	1,335851	1,337818	1,341293	1,344177
Desgleichen.	1,330977	1,331709	1,333577	1,335849	1,337788	1,341261	1,344162
Kalilösung.	1,399629	1,400515	1,402805	1,405632	1,408082	1,412579	1,416368
Flintglas Nr. 13.	1,627749	1,629681	1,635036	1,642024	1,648260	1,660285	1,671062
Crownglas Nr. 409.	1,525832	1,526849	1,529587	1,533005	1,536052	1,541657	1,546566

Wir sehen hieraus, daß der Unterschied der Brechbarkeit von n_1 und n_7 in den verschiedenen Substanzen ungleich ausfällt. Man nennt daher diese Differenz das Zerstreuungsvermögen eines brechenden Mittels. Es ist, wie man aus den obigen Zahlen ersieht, bei dem

Wasser	0,013242
Desgl.	0,013185
Durchschnitt von beiden .	0,0132135
Kalilösung	0,016739
Flintglas Nro. 13 . . .	0,043313
Crownglas Nro. 409 . .	0,020734

1083 Die differente Brechbarkeit der einzelnen farbigen Strahlen muß auf die Verhältnisse des Sehens durch gewöhnliche einfache Linsen mit gleichen sphärischen Krümmungen einen wesentlichen Einfluß ausüben. Denn ge-

Fig. 152.



setzt, acbd sei eine solche und ef ihre Achsenverlängerung, so werden sich die violetten Strahlen als diejenigen, welche am stärksten gebrochen werden, schon in g vereinigen und dann in gh und gi auseinanderfahren. Die rothen dagegen, welche das geringste Brechungsvermögen besitzen, sammeln sich erst in k und durchschneiden daher die Verlängerung der violetten in l und m. Es bildet sich dann, da das gleiche in allen Dimensionen wiederkehrt, ein Kegel, dessen Spitze in k liegt und dessen runde Basis lm zum Durchmesser hat. Alle zwischen den violetten und den rothen befindlichen Strahlen aber müssen sich zwischen k und g sammeln. Der durch lm als Durchmesser bestimmte Cirkel heißt der Zerstreuungskreis einer Linse, die Größe gk dagegen die chromatische Längenabweichung. Es versteht sich von selbst, daß diese Differenz der Vereinigungsweiten der verschiedenfarbigen Strahlen, welche man mit dem Namen der chromatischen Abweichung bezeichnet und deren Länge unter sonst gleichen Verhältnissen mit Entfernung des Brennpunktes vom Objectiv zunimmt, eine Undeutlichkeit des Bildes zur Folge haben muß. Denn wenn sich auch die verschiedenen Farben in der Mitte decken, so daß wiederum einfaches Licht entsteht, so findet dieses doch nicht an den Rändern, welche durch ungleiche Deckung oder gänzlichen Mangel derselben verschiedene Regenbogenfarben bedingen, Statt. Es entsteht daher für den Optiker das Problem, diesen Uebelstand zu vermeiden, d. h. eine oder mehrere Linsen zu verfertigen, bei welchen diese Farbenzerstreuung aufgehoben wird und sich alle Strahlen ohne Unterschied ihrer verschiedenen Brechbarkeit in einem Punkte sammeln. Man nennt dann solche Gläser achromatische oder auch wohl, wenn sie zugleich von der sphärischen Aberration befreit sind, aplanatische. Obgleich sich das Problem der Achromasie der ausgezeichnetsten Hilfe der Mathematik sowohl, als der Erfahrungsuntersuchung zu erfreuen hatte, so ist es doch bei seiner Schwierigkeit bis jetzt nur annähernd gelöst worden.

Zur Construction zweier zusammengehörenden achromatischen Linsen 1084
sind folgende Bedingungen erforderlich:

1) Bei dem Durchgange von Lichtstrahlen, die außerhalb der Brennweite oder aus unendlicher Ferne kommen, durch eine Sammellinse, z. B. durch ein biconvexes Glas, werden die einzelnen farbigen Strahlen so centrirt, daß die Vereinigungsweite derjenigen, welche die größte Brechbarkeit haben, nämlich der violetten der Linse näher, die der am schwächsten brechbaren dagegen, der rothen von ihr am entferntesten liegt. Fallen dagegen die Strahlen auf eine biconcave Linse convergirend auf, so findet das Umgekehrte Statt. Eine erste Bedingung des Achromatismus würde also möglicher Weise die sein, daß man hinter eine biconvexe Linse eine biconcave stellt. Die Strahlen fallen dann natürlich auf die letztere convergirend, und es kann auf solche Art der Endzweck, daß die verschie-

denfarbigen Strahlen in einem Büschel, d. h. farblos wieder erhalten werden, unter gewissen Verhältnissen erreicht werden.

2) Müssen beide Linsen ein verschiedenes Zerstreuungsvermögen haben. Denn die Aufgabe ist die, daß die zweite Linse die Zerstreuung der ersteren aufhebe und dennoch ein gutes Endbild erhalten werde. Das Letztere erfordert jedoch eine andere Brechung. Denn wäre diese die gleiche, aber entgegengesetzt, wie die der biconveren Linse, so würden die Lichtbündel zwar farblos, aber parallel austreten. Hat dagegen die zweite biconcave Linse ein größeres Farbenzerstreuungsvermögen und zugleich eine bedeutendere Brechkraft, so kann ein achromatisches Bild entstehen, weil sie schon bei einer geringeren Brechung die Centrirung in einen Focus zu bedingen und die Farbenzerstreuung der ersteren Linse aufzuheben vermag.

3) Läßt sich durch Berechnung zeigen, daß sich dann die Brennweiten beider Linsen, deren Dicke außer Acht gelassen wird, wenn das erwünschte Ziel zu Stande kommen soll, wie die Differenzen ihrer mittleren Refractionsgrößen von der der äußersten Strahlen oder des Zerstreuungsvermögens dividirt durch die um 1 verminderten Werthe der Brechungsexponenten verhalten müssen.

1085 Zur Verfertigung achromatischer optischer Instrumente, z. B. von Fernröhren, Mikroskopen u. dgl., dienen Linsen von zweien verschiedenen Glasarten, welche ein differentes Brechungs- und Zerstreuungsvermögen besitzen. Man erzielt dieses durch sogenanntes Crown- und Flintglas. Das letztere erhält seine stärker brechende Eigenschaft durch einen bedeutenderen Zusatz von Blei. Es ergiebt sich z. B. [1])

Flintglas, bestehend aus Theilen		Brechungs-exponent.	Flintglas, bestehend aus Theilen		Brechungs-exponent.
Blei.	Kiesel.		Blei.	Kiesel.	
1	4	1,664	1	1	1,787
1	2	1,724	2	1	1,830
1	1,333...	1,732	3	1	2,028

Nach dem oben Dargestellten wird daher die sphärische Converlinse aus Crownglas, die Concavlinse dagegen aus Flintglas verfertigt werden müssen. Gesetzt, wir hätten z. B. in einer achromatischen Combination eine Crownglaslinse von 4 Zoll Brennweite. Nach den in §. 1082 angeführten Daten betrüge ihr mittlerer Brechungsexponent 1,536199 und der Unterschied von diesem und dem Refractionsexponenten der äußersten Strahlen 0,010367, die beiden analogen Werthe des Flintglases glichen 1,649405 und 0,021657, so hätten wir, wenn wir die nothwendige negative Brennweite der Flintglaslinse mit x bezeichnen und die Dicke der Linsen vernachlässigen,

[1]) A. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande mit Rücksicht auf mathematische Begründung. Supplementband. Wien, 1831. 8. S. 1015.

$$x : 4 = \frac{0,021657}{0,649405} : \frac{0,010367}{0,536199}.$$

Daher $x = 6,8994$ Zoll.

Die reciproke Brennweite der Doppellinse p wird aber

$$p = \frac{4 \times 6,8994}{6,8994 - 4} = 9,5184 \text{ Zoll gleichen.}$$

Es versteht sich von selbst, daß der Achromatismus der Combination um so vollständiger ausfallen wird, je geringer die Oeffnung der Linse ist. Er kann aber in jedem Falle nicht ganz vollkommen erscheinen, weil die gegenseitige richtige Deckung der am stärksten und der am wenigsten brechbaren Farbenstrahlen nicht auch dasselbe günstige Verhältniß für alle dazwischen liegenden colorirten Strahlen bedingt.

Daß sich die Brennweiten beider Linsen wie die Differenzen der mittleren Brechungsexponenten von den äußersten farbigen Strahlen dividirt durch die um 1 verminderten mittleren Refractionsexponenten verhalten, erhellt aus folgender Betrachtung. Sind wiederum ϱ, σ, r und s die Radien und n und m die mittleren Brechungsexponenten derselben, so haben wir für die reciproke Brennweite, wenn wir die Dicke der brechenden Medien $= 0$ setzen und daher die beiden letzten Glieder aus der in §. 1045 gegebenen Grundgleichung hinwegfallen:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Nennen wir die Unterschiede zwischen den mittleren und den äußersten farbigen Refractionsgrößen x und y, so erhalten wir für die reciproke Brennweite in dem Maximum der farbigen Strahlenbrechung $= p'$ den Werth:

$$\frac{1}{p'} = (n + x - 1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m + y - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Soll aber die Combination achromatisch sein, so muß $\frac{1}{p} = \frac{1}{p'}$, folglich:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right) = (n+x-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right)$$
$$+ (m + y - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Setzen wir nun der Kürze wegen:

$$n - 1 = \beta \qquad \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma} = \mu$$
$$m - 1 = \gamma \quad \text{und} \quad \frac{1}{r} + \frac{1}{s} = \nu$$

so haben wir:

$$\beta\mu + \gamma\nu = (\beta + x)\mu + (\gamma + y)\nu.$$

Hieraus folgt:

$$x\mu + y\nu = 0$$

und daher

$$x\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) = -y\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Nennen wir aber die Brennweite der ersten Linse b, die der zweiten c, so ergiebt sich:

$$\frac{1}{b} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) \text{ und}$$
$$\frac{1}{c} = (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Folglich:

$$\frac{1}{b(n-1)} = \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma} \text{ und}$$

$$\frac{1}{c\,(m-1)} = \frac{1}{r} + \frac{1}{s}.$$

Substituiren wir diese Werthe in der obigen Endgleichung, so ist:

$\frac{x}{b\,(n-1)} = -\frac{y}{c\,(m-1)}$ und daher, da der Focus von c der Biconcavität wegen ohnehin negativ ist:

$$b : c = \frac{x}{n-1} : \frac{y}{m-1} = \frac{2\,x}{n-1} : \frac{2\,y}{m-1}$$

was, da 2 x und 2 y den Ausdruck der beiderseitigen Zerstreuungsvermögen bilden, zu beweisen war.

Berücksichtigen wir dagegen in der in §. 1045 angeführten Grundgleichung die Dicke der beiden Linsen, so werden die Endwerthe um vieles complicirter. Es ergiebt sich dann, wie man leicht sieht, als Ausgangspunkt:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \frac{(n-1)^2\alpha}{\varrho^2 n} + \left[(n\quad 1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + \frac{m-1}{r}\right]\frac{2\,a}{m}$$
$$= (n+x-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m+y-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \frac{(n+x-1)^2\alpha}{\varrho^2 n} + \left[(n+x-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + \frac{m+y-1}{r}\right]\frac{2\,\alpha}{m}.$$

Macht man wieder

$$\begin{matrix} n-1=\beta \\ m-1=\gamma \end{matrix} \quad \text{und} \quad \begin{matrix} \frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}=\mu \\ \frac{1}{r}+\frac{1}{s}=\nu \end{matrix} \quad \text{und} \quad \begin{matrix} \frac{1}{\varrho}=o \\ \frac{1}{r}=\pi \end{matrix}$$

so erhält man als Endwerth:

$$m\,n\,(x\mu + y\nu) + m\,x\,o^2\alpha\,(x + 2\,\beta) + a\,n\,[(x\,\mu + y\,\pi)^2 + 2\,(\beta\,\mu + \gamma\,\pi)\,(x\,\mu + y\,\pi)] = 0.$$

Die Achromasie kann daher in dem letzteren Falle nur dann zu Stande kommen, wenn einer oder mehrere Werthe negativ ausfallen.

1086 Da unser Auge eine Combination von verschiedenartigen Refractionsmedien darstellt, so ergiebt sich unmittelbar das Problem, ob es achromatisch oder chromatisch eingerichtet sei. Die Beantwortung dieser Frage erlitt im Laufe der Zeit verschiedenartige Schicksale, die selbst auf die Fortschritte der Optik einen sehr wesentlichen Einfluß ausübten. Newton war durch seine Versuche zu dem unrichtigen Resultate gelangt, daß das Zerstreuungsvermögen in allen Körpern ihrem Brechungsexponenten proportional sei. Entspräche dieses der Wahrheit, so könnte man keine zweckmäßige achromatische Linsencombination verfertigen. Denn gesetzt, wir hätten einen Lichtstrahl durch ein biconvexes Glas hindurchgehen lassen, so daß sich seine Bündel in einer bestimmten Vereinigungsweite sammelten, die farbigen Strahlen dagegen aus einander wichen, und wir wollten diesen Fehler durch ein biconcaves Glas mit entgegengesetztem Zerstreuungsvermögen eliminiren, so würde hierdurch alle Brechung gleichzeitig aufgehoben. Man würde nicht mehr, als mit freiem Auge und das Ganze nur dunkler sehen, weil die Strahlen durch heterogene Medien hindurchgehen. Euler stützte sich dagegen auf die Voraussetzung, daß wir die Gegenstände ungefärbt sehen und eine zweckmäßige Achromasie einer Linsencombination nicht außerhalb der Grenzen der Möglichkeit liege, weil das Problem in unserem Auge realisirt sei. Er schlug daher anfangs vor, eine Flüssigkeit zwischen zwei Glasmeniscis einzuschließen, um zum

Ziele zu gelangen [1]). Nachdem aber später Dollond gefunden hatte, daß das Flintglas die Lichtstrahlen stärker breche, aber noch mehr zerstreue, als das Crownglas und diese Entdeckung durch Zeiher bestätigt und zum Theil erweitert worden war, entwickelte Euler selbst die Theorie des Achromatismus dergestalt, daß die Optik durch diese Rechnungen bedeutendere Fortschritte machte, als sie je durch bloße Erfahrungsstudien hätte erzielen können [2]).

Gab aber auf diese Weise die Hypothese der Achromasie des Auges zu reellen Fortschritten Veranlassung, so zeigten spätere Versuche (vorzüglich von Purkinje, Joh. Müller, Tourtual und Niedt), daß wir die Gegenstände nur dann farblos sehen, wenn sie sich innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite befinden, daß sie aber außerhalb derselben oder, wie man sich auch ausdrückt, bei unrichtiger Accommodation Farbensäume oder dioptrische Farben darbieten. Betrachtet man z. B., vorzüglich wenn man weitsichtig ist, ein weißes Quadrat auf schwarzem Grunde bei einer bloßen Sehweite von 1″, so erscheinen schmale, erst allmälig durch Uebung genau zu detaillirende Farbensäume des undeutlich gesehenen Bildes. Aehnliche Phänomene gewahrt man, wenn man einen nahe vor das Auge gehaltenen Gegenstand nebenbei sieht, während der Bulbus einen fern stehenden Körper fixirt. Ebenso stellen sich dioptrische Farbenerscheinungen bei den verschiedenen Modificationen des Scheiner'schen Versuches, der Vermehrung der Bilder durch ähnliche Verhältnisse oder durch Einträufeln von Belladonnaextract ins Auge dar [3]). Sie werden aber sämmtlich von Kurzsichtigen, die zum Sehen in eine irgend bedeutende Ferne eine Brille nöthig haben, gar nicht oder weit schwächer wahrgenommen.

Der Annahme, daß das Auge ursprünglich chromatisch sei, widerstreitet die sonstige höchste Zweckmäßigkeit, welche wir an allen Apparaten der Natur vorfinden. Denn es wäre in der That sehr merkwürdig, wenn sie bei dem Bau unseres Bulbus eine Unvollkommenheit nicht vermieden haben würde, die wir selbst wenigstens zu einem großen Theile bei unseren optischen Apparaten zu entfernen vermögen. Ueberdies bemerkt Euler [4]) mit Recht, daß sich sonst nicht füglich einsehen ließe, weshalb die Strahlen, welche unser Auge durchdringen, durch mehrfache brechende Medien und nicht bloß durch Eines geleitet werden. Betrachten wir z. B. die wässerige Feuchtigkeit als eine sehr verdünnte Kochsalzlösung, welche eben dadurch ihren Brechungsexponenten von 1,3358 auf 1,3373 erhöht, so konnte ein einziges Medium durch größere Concentration dieser Flüssigkeit allein (da eine Solution des Kochsalzes = 1 : 66 schon einen Refractionsexponenten = 1,3477 erhält) [5]) oder durch ein anderes Hilfsmittel hergestellt werden, welches die durch den Glaskörper tretenden Strahlen auf der Netzhaut sammelt. Wir werden gewissermaßen moralisch gezwungen, eine Achromasie des Auges innerhalb der natürlichen

---

[1]) Mémoires de l'Académie de Berlin. Année 1747. Berlin, 1749. 4. p. 279

[2]) Euler in Histoire de l'Académie des sciences et belles Lettres. Année 1767. Berlin, 1769. 4. p. 131—164, Novi Commentarii Petropolitani. Vol. 18. p. 415. und acta acad. Petrop. 1777. p. 174.

[3]) Eine große Zahl von Versuchen, bei denen solche chromatische Resultate erhalten werden, giebt z. B. Tourtual in Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie. Leipzig, 1830. 8. S. 145—177. Vergl. auch Niedt de dioptricis oculi coloribus ejusque polyopia. Berolini, 1842. 8. p. 8—36.

[4]) Mémoires de Berlin. 1747. Berlin, 1749. 4. p. 279.

[5]) Euler der Sohn in Pristley's Geschichte der Optik. Bd. II. S. 364.

Sehweite anzunehmen, sei es nun, daß sie durch einen dioptrischen Kunstgriff oder durch die Auffassung des Bildes bedingt werde.

Betrachten wir das Problem von der rein physikalischen Seite, so läßt sich schon deshalb kein sicheres Urtheil irgend einer Art fällen, weil noch bis jetzt alle Data über die Größen des Zerstreuungsvermögens der Augenmedien fehlen. Allein theoretisch scheint auf den ersten Blick die Nothwendigkeit der Chromasie hervorzutreten. Denn wir haben als Gleichung der Achromasie, welche aus dem Grundwerthe der Brechung der Refraction im Auge hervorging,

$$mn(x\mu + y\nu) + mxo^2\alpha(x + 2\beta) + an[(x\mu + y\pi)^2 + 2(\beta\mu + \gamma\pi)(x\mu + y\pi)] = 0.$$

Da nun ϱ, σ, r, s, α, a, m und n positive Werthe sind, so kann keine Achromasie zu Stande kommen, wenn auch, wie natürlich, x und y positiv bleiben sollen. Allein die ganze Forderung wird in das Bereich der Möglichkeit übergeführt, wenn wir den geschichteten Bau der Krystalllinse, welcher bei der Grundformel des Auges außer Acht gelassen worden, berücksichtigen.

Da die Hornhaut und die wässrige Feuchtigkeit einerseits und der Glaskörper andererseits ein annähernd gleiches Brechungsverhältniß besitzen, so haben wir die Differenz in dieser Beziehung bei der Grundbestimmung der Vereinigungsweite der Bilder = 0 gesetzt. Das Resultat der Rechnung zeigte uns aber, daß dieses ohne irgend merklichen Fehler geschehen kann. Nehmen wir nun an — was freilich problematisch ist — daß sie auch dasselbe Zerstreuungsvermögen darbieten, so würde sich die ganze Chromasie des Auges eben so verhalten, wie wenn der Lichtstrahl aus der Atmosphäre durch die Krystalllinse allein träte und dann wiederum in die Luft zurückkehrte. Wäre die sphärische Linse aus einer einförmigen Substanz zusammengesetzt, so müßte eine Farbenzerstreuung erfolgen, ihre Krümmungshalbmesser seien, welche sie wollen. Da sie aber aus Schichten von verschiedenem Refractions- und unzweifelhaft differentem Zerstreuungsvermögen besteht, so kann hierdurch eine Ausgleichung der Chromasie bedingt werden. Diese könnte selbst, wenn sie auch an und für sich noch chromatisch wäre, die etwa vorhandenen Unterschiede der Zerstreuungsvermögen der Hornhaut, der wässrigen Feuchtigkeit und des Glaskörpers ausgleichen. Wir erlangten daher auf diese Weise einen Anhaltspunkt für die Erklärung der Vervielfältigung der Refractionsmedien des Auges. Halten wir uns z. B. der Kürze wegen nur an den stärker brechenden Kern und die schwächer ablenkenden übrigen Schichten der Linse, so hätten wir das Analogon der Euler'schen achromatischen Objective, welche aus zwei Meniscen und einer eingeschlossenen Flüssigkeit bestehen, nur mit dem Unterschiede, daß hier das Centralmedium einen geringeren, in unserem Auge dagegen einen stärkeren Brechungsexponenten besitzt. Die von Euler[1]) angegebene Endformel wäre mit den nothwendigen Veränderungen hier anwendbar, wenn man die freilich für unsere Linse bei ihrer Kleinheit gewagte Voraussetzung der Vernachlässigung der Dicke der Schichten machen wollte. Um jedoch in dieser Beziehung selbst nur annähernde Berechnungen anzustellen, fehlen nicht nur alle Beobachtungen über die Zerstreuungsvermögen, sondern auch über die Halbmesser und Stärke der verschieden brechenden Linsenschichten.

Eine sichere Ermittelung dieser Erfahrungsdata wäre um so nützlicher, als die Frage des Einrichtungsvermögens durch die genaue Kenntniß der Ursachen der Achromasie des Auges ihre Lösung finden könnte. Ist nämlich unser Auge, wie wahrscheinlich, aus rein dioptrischen Gründen in den Grenzen der mittleren Sehweite vollkommen achromatisch, außerhalb derselben aber chromatisch, so würde dieses dafür sprechen, daß die Höhe der Centralfalte nebst der Unebenheit und der Sphäricität des gelben Fleckes und der Dicke der Netzhaut die Unterschiede der Vereinigungsweiten bei dem natürlichen Sehen deckt, daß aber bei dem unnatürlichen Sehen sogleich eine Chromasie hervortritt, weil sich die Krystallinse entweder um ein Minimum verrückt oder andere dioptrische Störungen zu Stande kommen. Selbst die geringste Bewegung der Linse aber kann vielleicht Farbenkreise hervorrufen.

1087 Mit dem Namen der objectiven Farben bezeichnet man diejenigen, welche die einzelnen Körper, wenn sie beleuchtet werden, vermöge der ihnen inwohnenden Molecularbeschaffenheit darbieten. Da sie im Finstern ohne Unterschied schwarz erscheinen und ihre Eigenthümlichkeit erst

[1]) a. a. O. S. 284.

durch das Auffallen fremder Lichtstrahlen erhalten, so folgt hieraus, daß ihre Färbungen dadurch entstehen, daß das von ihnen zurückgeworfene Licht, nachdem es durch unser Auge gegangen, die Netzhaut mit demjenigen besonderen Grade von Brechbarkeit anregt, welcher der bestimmten Farbennuance entspricht. Wir nennen daher solche Substanzen weiß, welche die Strahlen von verschiedenem Refractionsvermögen gerade so, wie sie in dem homogenen Lichte existiren, in unseren Bulbus zurückwerfen, grau oder schwarz dagegen, wenn das auf ihn fallende Licht in solchem Maaße verschluckt wird, daß von keiner Farbengattung eine hinreichende Menge von Strahlen reflectirt werden, damit ein farbiger Eindruck zu Stande käme. Man kennt jedoch keinen absolut weißen Körper und nimmt daher in der Optik höchstens ideeller Weise eine solche Substanz an, um sie den natürlichen Verhältnissen der sichtbaren Gegenstände zum Grunde zu legen, sie als Einheit zu betrachten und auf diese die Menge des zurückgeworfenen Lichtes zu reduciren. Das Weiße des Fließpapiers gleicht daher z. B. beinahe $\frac{1}{12}$, weil es ungefähr $\frac{1}{12}$ des auffallenden Lichtes reflectirt (Lambert).

Man sieht leicht, daß die eigenthümliche Farbe eines Gegenstandes 1088
von der Natur und der Menge der farbigen Lichtstrahlen, welche zurückgeworfen, und derer, welche verschluckt werden, abhängt. Es müssen daher auch gleichförmige Mischungen von Farbensubstanzen sogenannte Mittelfarben oder Ueberlagerungen derselben Deckfarben erzeugen. Dieser Theil der Erscheinung rührt von der Molecularbeschaffenheit der Substanzen her und ändert sich deshalb auch nicht, so lange sie sowohl, als das auffallende Licht keine Metamorphosen erleiden. Wenn dagegen das letztere variirt, so muß auch eine andere Farbenmischung unter gewissen Voraussetzungen zu Stande kommen können. Hält man einen gefärbten Körper in das Sonnenspectrum, so giebt er zwar alle Farben des letzteren wieder; Allein diejenige, welche seiner Coloration in weißem Lichte am meisten entspricht, besitzt die stärkste Erleuchtung, während sie in manchen anderen Theilen schwach ausfällt. Aus demselben Grunde werden z. B. gelbe Körper in rein gelbem Lichte lebhaft gelb, blaue dagegen mehr oder minder grün. Das Letztere sehen wir z. B. auch bei der Beleuchtung durch eine Kerzenflamme, welche eine große Menge gelben Lichtes beigemischt enthält.

Das Nähere dieser Erscheinungen, welches in die Physik gehört, siehe z. B. bei Kunzek a. a. O. S. 208—216. Eben so ist die Annahme, daß von dunkleren Körpern Lichtstrahlen, welche von der Netzhaut nicht mehr wahrgenommen werden, sogenanntes latentes Licht ausströme, nicht sowohl ein Gegenstand der Physiologie als der Physik. Eine kurze Darstellung dieser Hypothese von Moser [1]) und der Gegenannahme von Waidele, welcher die hier zum Grunde liegenden Erscheinungen von der Verdichtung der elastisch flüssigen Substanzen an festen Körpern herleitet, findet sich z. B. in Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie, für deutsche Verhältnisse frei bearbeitet von Joh. Müller. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 364—68.

---

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LVI. 1842. 8. S. 177—233.

1089 Subjective Auffassung der äußeren sichtbaren Gegenstände. — Da die Perception aller unserer Nervenapparate gewisse endliche Größen nicht zu überschreiten vermag, so muß auch das auf der Netzhaut dargestellte Bild nur innerhalb bestimmter Grenzen zur Wahrnehmung gelangen, außerhalb derselben dagegen nicht aufgefaßt werden können. Ist sein Umfang zu bedeutend, so wird natürlich nur derjenige aliquote Theil, welcher einer bestimmten Ausdehnung der Netzhaut entspricht, percipirt, der übrige dagegen vernachlässigt werden. Erreicht es dagegen eine solche Kleinheit, daß seine Oberfläche diesseit seiner nothwendigen Größe liegt, so muß seine Wirkung gänzlich hinwegfallen oder sich einem Werthe, der gleich Null ist, um so eher annähern, je mehr seine Flächenausdehnung von der diesseitigen Grenze entfernt liegt.

1090 Untersuchen wir zuvörderst den letzteren Fall, so finden wir zunächst, daß sehr kleine Gegenstände, die sich in einer gewissen Entfernung vom Auge befinden, undeutlicher erscheinen und zuletzt gar nicht mehr gesehen werden. Dieses Resultat wird aber nicht bloß durch die Größe, sondern auch durch die Menge und die Beschaffenheit des von dem Objecte zurückgeworfenen Lichtes bestimmt. Wir unterscheiden noch einen im Sonnenlichte glänzenden Spinnwebefaden oder feinen Silberdraht in einer Entfernung, in welcher er uns im Schatten längst unsichtbar geworden wäre. Ein schmaler weißer Streifen auf dunklem Grunde bleibt uns in größerer Distanz als ein gleich großer brauner, der sich in denselben Verhältnissen befindet, kenntlich. Die Ursache aller dieser Erscheinungen liegt darin, daß das Netzhautbildchen, wenn es wahrgenommen werden soll, nicht bloß eine gewisse Größe, sondern auch ein Quantum von absoluter oder relativer Lichtstärke haben muß, der Einfluß der letzteren aber bei kleinen Objecten bedeutender wird.

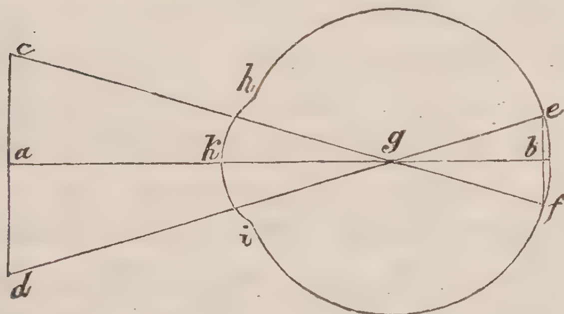
1091 Abstrahiren wir aber auch von diesem Nebenumstande, so ginge es nicht an, die diesseitige Grenze des möglichen Sehens in dieser Beziehung genau festzustellen, weil die Verschiedenheit der Augen eine sehr bedeutende Differenz veranlaßt, ja der civilisirte Mensch steht schon in solcher Hinsicht dem Wilden mit seinem scharfen Gesichte unendlich nach. Es ließen sich höchstens relative Werthe für einzelne Individuen auffinden.

Dagegen gewinnt selbst die unvollständige Lösung des Problemes ein höheres Interesse, wenn wir zugleich die Structur der Netzhaut berücksichtigen. Es fragt sich nämlich alsdann, ob wir noch unter den günstigsten Verhältnissen Bilder sehen können, deren Größe von der der Elemente der Netzhaut übertroffen wird. Geben uns die Resultate, welche wir in dieser Beziehung an gesunden Augen civilisirter Menschen erhalten, eine positive Antwort, so haben wir ein neues Axiom, welches für die Nerventhätigkeit überhaupt von Einfluß ist, gewonnen. Bleibt dagegen der Entscheid negativ, so können wir die Möglichkeit einer affirmativen Lösung nicht verneinen, sondern nur als denkbar hinstellen.

1092 Um aber die Größe des Netzhautbildchens zu berechnen, ver-

fahren wir am einfachsten, wenn wir die Hypothese, daß der Drehpunkt des Auges und der Kreuzungspunkt der Richtungslinien approximativ zusammenfallen, zum Grunde legen. Wir werden dann, da diese Voraussetzung nur für das directe Sehen und selbst hierfür bloß annähernd richtig ist, auch nur approximative Resultate zu erwarten haben. Nennen wir ab die Verlängerung der Augenachse, cd den Gegenstand, welcher gerade durch ab halbirt wird, ef das Netzhautbild, g den Kreuzungspunkt der Richtungslinien, hi die Hornhaut, ak die Entfernung des Gegenstandes von ihr, kg den Abstand des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Vorderfläche des Cornea in der Augenachse und gb den von der Oberfläche der Netzhaut, so haben wir ag : gb = cd : ef, oder wenn wir cd = g, ak = d, kg = e und gb = f setzen, d + e : f = g : ef. Mithin

Fig. 153.



$ef = \frac{fg}{d + e}$. Man sieht leicht, daß diese Gleichung nur sehr ungefähre Resultate liefern kann, weil sich die Werthe von e und f im besten Falle bloß auf approximative Weise bestimmen lassen. Jedoch sind jedenfalls die Beobachtungsirrungen bei Ermittelung dieser Größen nicht so einflußreich, daß sie die aus solchen Rechnungen sich ergebende Hauptfolgerung umstießen.

Wir hatten nämlich in §. 1012 für mein linkes Auge als Mittelwerth des horizontalen und senkrechten Drehpunktes e = 5‴,29. Für f ergiebt sich daher aus dieser Zahl und den in §. 1039 verzeichneten Messungen von Krause 10‴,731 — (5‴,29 + 0‴,6 + 0‴,05 + 0‴,06) = 4‴,731. Wenn ich ein Glas, in welches scharfe Striche von 0,007 Millimeter = 0,0031031 pariser Linien Breite = g eingekritzt sind, bei hellem Sonnenlichte gegen einen fernstehenden dunklen Grund in günstiger Position fixire, so kann ich jeden einzelnen Strich bei einer Distanz von 56 Centimeter = 248‴,24576 = d seiner Breite noch sehr deutlich erkennen. War dagegen die Sonne hinter einer dunklen Wolke verborgen, so sank die nöthige Entfernung = d sogleich auf 53,5 Centimeter. Wir haben daher in dem ersteren Falle die Größe des Netzhautbildchens = ef $= \frac{4{,}731 \times 0{,}0031031}{248{,}24576 + 5{,}29}$ = 0‴,00005790 = 0″,00000483 oder ungefähr $^{1}/_{200000}$ pariser Zoll. Nun beträgt der mittlere Durchmesser der Körperchen der innersten Schicht der Netzhaut 0″,000350, der der Nervenkörper derselben 0″,000550 und der der feineren Nervenprimitivfasern nur 0″,000110. Wir sehen hieraus, daß Bilder, die viel kleiner als die selbstständigen Elementartheile der Netzhaut (nicht aber die ferneren Molecule derselben) sind, unter günstigen Verhältnissen wahrgenommen werden können.

Volkmann [1]), welcher früher schon ganz die gleiche Berechnung nach den Angaben von Treviranus und seiner mittleren Bestimmung des Drehpunktes des Auges anstellte, kam auf die geringste Größe des Netzhautbildchens = 0'',000060. Wahrscheinlich rührt dieses vorzugsweise davon her, daß Treviranus zur Zeit, wo er den Versuch machte, weniger scharf als ich sah oder ein minder günstig beleuchtetes Object betrachtete. Jedoch bleibt dieser Unterschied, wie man sieht, für das Hauptresultat gleichgültig.

1093 An diese Untersuchungen schließt sich unmittelbar die Frage, wie groß das Minimum der Entfernung zweier Bilder sein müsse, damit sie noch isolirt wahrgenommen werden. Volkmann [2]) fand in dieser Beziehung an verschiedenen Personen 0'',00014 bis 0'',00025 gegenseitigen Abstandes. Bei Wiederholung der Untersuchungen bemerkte ich zuvörderst, daß hier die Beleuchtung von noch viel größerem Einflusse als bei der Fixation einfächer schmaler Objecte ist. Ich kann z. B. bei sehr bewölktem Himmel Mikrometerlinien, die $1/_{10}$ Millimeter von einander entfernt sind, nicht mehr einzeln unterscheiden, während ich die zwischen ihnen befindlichen Zwischenräume bei hellem Sonnenlichte und ziemlich günstiger Stellung in einer Entfernung von 26 Centimetern noch ganz deutlich wahrnahm. Da nun $1/_{10}$ Mm. = 0''',0443296 = g und 26 Centimeter = 115,25696, so haben wir für den Abstand der beiden Netzhautbildchen der Mikrometerlinien $\frac{4{,}731 \times 0{,}443296}{115{,}25696 + 5{,}29} = 0''',0017398 = 0'',0001449$. Dieser Werth ist also 30 Mal so groß als die Ausdehnung des kleinsten Netzhautbildchens, welches ich bei den obigen Versuchen gefunden habe. Bei sehr günstiger Stellung und ganz hellem Sonnenscheine beträgt der Abstand vom Auge, in welchem ich zwei benachbarte Linien, wenn sie etwas geschwärzt sind, eben noch unterscheide, 42 Centimeter = 186,184320. Wir haben daher für die gegenseitige Entfernung der beiden Netzhautbilder $\frac{4{,}731 + 0{,}0443296}{186{,}18432 + 5{,}29} = 0''',0010953 = 0'',0000913$ oder ungefähr $1/_{10000}''$. Solche Erfahrungen lehren deutlich, daß zwei Bilder noch isolirt empfunden werden, wenn sie bedeutend weniger, als der Durchmesser der Körner der innersten Schicht oder der Nervenkörper der Netzhaut beträgt, von einander abstehen, oder selbst wenn ihre gegenseitige Distanz von der Breite der feineren Nervenfasern etwas übertroffen wird. Dieses Verhältniß ist leicht erklärlich. Denn wir werden einen isolirten Eindruck eines jeden Bildes erhalten, wenn jedes derselben auf einen verschiedenartigen empfindenden Theil der Retina fällt. Nun sind die Zwischenräume zwischen den Elementen der letzteren noch häufig bedeutend kleiner als diese selbst. Es könnte daher der Abstand des Netzhautbildchens noch geringer ausfallen, ohne daß nothwendig die isolirte Auffassung derselben verloren gehen müßte.

---

[1]) A. W. Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 65. 66.

[2]) a. a. O. S. 202. 203.

Fig. 154.

Der Gesichtswinkel cgd, unter welchem noch die kleinsten Netzhautbilder gesehen werden, läßt sich unter den Voraussetzungen, welche §. 1092 gemacht worden, leicht berechnen. Denn bildet dgc ein gleichschenkliges Dreieck und ist ag = d + e und cd = g, so haben wir in dem rechtwinkligen Dreiecke agc für den Winkel agc = ½ dgc den Werth $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\ agc = \frac{ac}{ag}$, oder da ac = ½ g, $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\ agc = \frac{g}{2\,(d + e)}$. Hieraus ergiebt sich dann für den in §. 1092 erwähnten Glasstrich, dessen kleinstes Netzhautbildchen 0‴,00000483 betrug, $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\ agc = \frac{0\,.\,0031031}{2\,(248{,}24576 + 5{,}29)} = \text{tang.}$ 0° 0′ 1″,3, folglich der Gesichtswinkel selbst = 0° 0′ 2″,6 oder ungefähr 2 bis 3 Secunden. 1094

Für den Gesichtswinkel φ des Spatiums, unter welchem die Mikrometerlinien abstehen, haben wir im günstigsten Falle dann $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\ \varphi = \frac{0{,}0443296}{2\,(186{,}18432 + 5{,}29)} = \text{tang.}$ 0° 0′ 23″,9. Mithin φ = 0° 0′ 47″,8.

Die Größe, bei welcher der Eindruck verschwindet, hängt, wie sich 1095
von selbst versteht, von der Intensität und dem Grade der Wirkung des Netzhautbildes ab. Eine stumpfere Retina wird daher unter sonst gleichen objectiven Verhältnissen weniger pünktlich als eine schärfere, ein kurzsichtiges Auge für ferne Gegenstände unbefriedigender als ein weitsichtiges und umgekehrt arbeiten. Von den objectiven Momenten kommen vorzugsweise die Quanta des Farbengegensatzes und des Lichtglanzes in Betracht. Man kann sich z. B. leicht überzeugen, daß ein langer und schmaler Faden später als ein gleich breiter, aber sehr kurzer dem Anblick entschwindet. Je mehr eine Farbe gegen ihren Hintergrund contrastirt, um so lebhafter wird ihr Eindruck werden und um so kleiner ihr Minimal-Gesichtswinkel ausfallen, unter dem sie nicht mehr gesehen wird. Die letztere kann dann natürlich bei hellem Lichte, z. B. im Sonnenschein, eine unbedeutendere Größe als im Schatten besitzen. Für diese theoretischen Folgerungen liefern z. B. die Versuche von Plateau anschauliche Belege. Derselbe befestigte kleine weiße, gelbe, rothe und blaue Papierstreifen von 1 Centimeter Breite an einer senkrecht aufgestellten geschwärzten Tafel und entfernte sich von ihr so weit, bis die Flecke dem Auge verschwanden. Durch nachfolgende Berechnung ergaben sich hierbei nachfolgende in Secunden ausgedrückte Gesichtswinkel als Minima der Auffassung:

	Im Schatten.	Im Sonnenlichte.
Weiß	18″	12″
Gelb	19″	13″
Roth	31″	23″
Blau	42″	26″

1096 Kommen die Hauptbedingungen der Wahrnehmbarkeit, nämlich die Menge des Lichtes, das Quantum des Reflexes, die Größe und der Farbengegensatz des Objectes mit einander in Wettstreit, so hat die Intensität der Beleuchtung, nächst ihr aber, wie es scheint, die Größe und der Glanz des Gegenstandes den wesentlichsten Einfluß. Aus leicht erklärlichen Gründen verschwinden uns bisweilen kleine Objecte, welche in allen ihren Dimensionen keine bedeutenden Durchmesser haben, eher aus dem Gesichte, als weit schmalere, welche nur eine beträchtlichere Länge besitzen. Indem nämlich die Longitudinalausdehnung der Bilder später zu wirken aufhört, suppliren wir die Breite, wenn diese selbst nicht mehr deutlich wahrgenommen wird, vollständig oder als größeres Zerstreuungsbild. Bleiben alle anderen Einflüsse die gleichen, so verschwinden zwar gelbe Gegenstände auf schwarzem Grunde früher als weiße; allein dieser Unterschied hört auf, oder das Verhältniß schlägt sogar in das entgegengesetzte um, so wie z. B. ein stärkerer Glanz als Compensationsmittel wirkt.

Die nachfolgende Tabelle giebt uns eine Reihe von Belegen für diese Sätze. Ich befestigte feinen, polirten Silber- und Golddraht auf einem schwarzen senkrechten Hintergrunde und entfernte mich so weit, bis ich das Bild mittelst meines linken Auges, das seiner Myopie wegen mit einer entsprechenden Zerstreuungsbrille bewaffnet war, nur höchst undeutlich und verwaschen sah und einen Schritt weiter gar nicht mehr wahrnahm. Die Größen des Netzhautbildes und des Gesichtswinkels wurden nach den in §. 1092 u. §. 1094 angegebenen Methoden berechnet. Auch hier war natürlich $e = 5''',29 = 1,193$ Centimeter und $f = 4''',731 = 1,06723$ Centimeter.

Polirter und glänzender Gegenstand.	Nebenumstände.	In Centimetern ausgedrückte Größe des Gegenstandes. Länge.	Breite = g.	Durchmesser = g.	Entfernung des Objectes vom Auge.	Kleinster Werth des Netzhautbildes in Bruchtheilen von pariser Zollen.	des Gesichtswinkels.
Silberdraht.	In Freiem und bei hellster Mittagssonne und sehr wolkenlosem Himmel.	1,3	0,02	—	975	0″,000008077	0° 0′ 4″,2
Golddraht.	Desgl.	1,3	0,02	—	825	0″,000009543	0° 0′ 5‴
Desgl.	Bei stärkerem Refler der Mittagssonnenstrahlen.	1,3	0,02	—	977	0″,000008061	0° 0′ 4″,2
Silberdraht.	Im Schatten des Zimmers, während auf der Straße die Morgensonne schien.	1,3	0,02	—	672	0″,000011711	0° 0′ 6″,1
Golddraht.	Desgl.	1,4	0,02	—	612	0″,00001286	0° 0′ 6″,8
Kreis von Silberblech.	Im Freien und bei hellster Mittagssonne.	—	—	0,25	786	0″,0001288	0° 1′ 7″,4
Kreis von Goldblech.	Desgl.	—	—	0,36	828	0″,0001711	0°1′29″,6
Kreis von Silberblech.	Im Schatten des Zimmers, während auf ber Straße die Morgensonne schien.	—	—	0,33	684	0″,0001882	0°1′39″,4
Kreis von Goldblech.	Desgl.	—	—	0,34	620	0″,0002158	0°1′53″,0

Zuvörderst ergiebt sich hieraus, daß mein kurzsichtiges Auge einen dünnen glänzenden und von der Sonne sehr beleuchteten Silberdraht in bedeutender Entfernung erst unter einem fast doppelt so großen Gesichtswinkel, als einen sehr feinen in der gehörigen Nähe gehaltenen Glasstrich wahrnahm. Ja streng genommen entscheidet mehr die Länge als die Breite für die Wahrnehmung des ersteren. In diesem Falle aber beträgt sogar das Netzhautbildchen 0″,0005250 und der Gesichtswinkel 0° 4′ 36″. Wir sehen hieraus, daß ein myopisches Auge, selbst wenn es mit einer scheinbar ganz guten Zerstreuungsbrille bewaffnet ist, ferne glänzende Gegenstände verhältnißmäßig weniger scharf sieht als nahe und kleinere, welche seiner natürlichen Sehweite in höherem Grade entsprechen. Diese Erscheinung kann vorzugsweise in zweierlei zusammenwirkenden Ursachen ihren Grund haben. 1) Entspricht die Brille möglicher Weise nicht vollkommen dem Fehler des Auges, so daß dieser nicht ganz exact aufgehoben wird, und 2) gehen der Netzhaut durch die größere Zerstreuung des Lichtes, welches von entfernteren Objecten herkommt, zu viel Strahlen verloren. Es muß daher das Bild verschwinden, sobald dieses nicht durch stärkere Reflexion compensirt werden kann.

Die Lupen und Mikroskope bilden Vorrichtungen, welche uns Gegenstände, die wir sonst ihrer Kleinheit wegen nicht mehr deutlich wahrnehmen würden, so weit vergrößern, daß sie uns in ihren Details zur Anschauung kommen. Gesetzt, a b sei ein Object, das in der Entfernung c d einen Gesichtswinkel a c b darbietet, unter welchem a b nicht mehr gesehen werden kann, so muß es wahrgenommen werden, wenn es dem Auge so weit näher rückt, so daß es z. B. als e f in dem Abstande g c den Gesichtswinkel e c f bildet. Allein dann läge es, wenn es sehr klein ist, dem Auge so nahe, daß die Vereinigungsweite seiner Strahlen eine Strecke hinter der Netzhaut fiele und nun aus diesem Grunde nicht aufgefaßt würde. Hätten wir dagegen ein Mittel, durch welches es in dem Abstande d c und unter dem größeren Winkel e c f zum Vorschein käme, so wäre seine Perception gesichert. Diesen Dienst leisten aber die Lupen und die einfachen Mikroskope. Wir haben früher (§. 1034) gesehen, daß wenn z. B. a b c d eine biconvexe Linse, e f ihre Achsenverlängerung u. g ihre Brennweite ist, ein Gegenstand h i, der zwischen g und b liegt, so erscheint, als wenn er sich in k l befände, d. h. er wird vergrößert, weil der Winkel h m i als k m l derselbe geblieben, die Entfernung n m dagegen zu e m geworden ist. Befände sich das Auge in m und läge k l in der Sehweite desselben, so müßte der Gegenstand h i zu k l vergrößert zur Anschauung kommen. Nun umfassen die beiderseitigen Grenzen der deutlichen Sehweite eine gewisse Längenausdehnung. Es kann mithin die Lupe a b c d eine gewisse körperliche Dicke haben und das Auge hinter ihr zwischen d und o liegen, ohne daß sich das Resultat ändert. Für die Stellung des Objectes ergiebt sich aber als unmittelbare Regel, daß es in eine solche Entfernung von der Linse gebracht werden muß, daß sein Bild mit der Sehweite des freien Auges zusammenfällt.

Fig. 155.

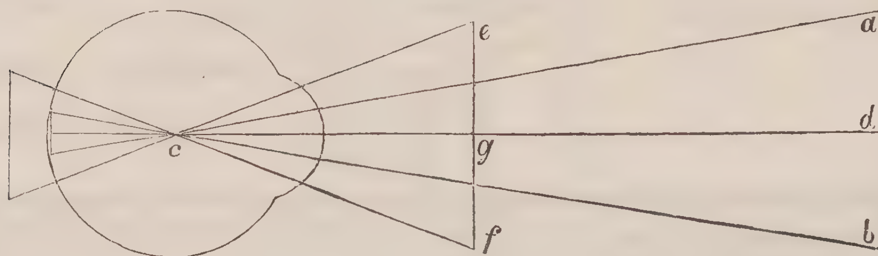
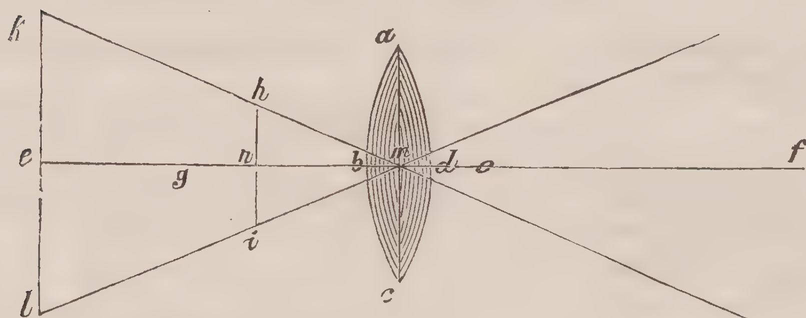
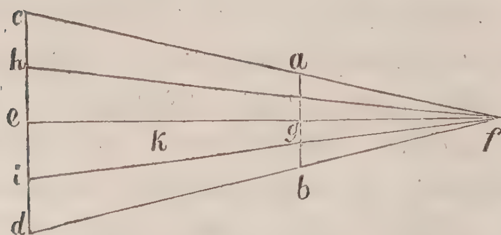


Fig. 156.



Aus diesen Grundsätzen folgt, daß sich der vergrößerte Gegenstand zu dem natürlichen, wie die Tangente des halben Gesichtswinkels des ersteren zur Tangente der Hälfte desjenigen Gesichtswinkels verhält, unter welchem das Object erscheinen würde, wenn es sich in der natürlichen Sehweite befände. Sind aber diese beiden Winkel sehr klein, so verhält sich das vergrößerte Bild zur natürlichen, wie der Gesichtswinkel, unter welchem es reel auftritt, zu dem, unter welchem es in der natürlichen Sehweite wahrgenommen würde. Theilen wir daher den ersteren Werth durch den letzteren, so haben wir das Maaß der Vergrößerung.

Fig. 157.



Denn gesetzt, a b sei das kleine Object und c d sein vergrößertes Bild, so wird e f die Sehweite, g f den Abstand des Objectes vom Auge, $\angle$ c f d den Gesichtswinkel, unter dem es wahrgenommen wird, und, wenn h i = a b, $\angle$ h f i den Gesichtswinkel, wel-

cher sich ohne Vergrößerung in der natürlichen Sehweite darstellen würde, bilden. Werden nun cd, hi und ab durch ef halbirt und sind bei e und g rechte Winkel, so haben wir ce : ef = sin. cfe : cos. cfe = sin. ½ cfd : cos. ½ cfd. Mithin tang. ½ cfd = $\frac{ce}{ef}$. Eben so ist he : ef = sin. ½ hfi : cos. ½ hfi und daher tang. ½ hfi = $\frac{he}{ef}$. Folglich ce : he = cd : hi = tang. ½ cfd : tang. ½ hfi. Sind aber diese beiden letzteren Winkel sehr klein, so können wir sie selbst statt ihrer Tangenten setzen. Es ist daher cd : hi = $\angle$ cfd : $\angle$ hfi, was zu beweisen war.

Bezeichnen wir das Maaß oder die Stärke der Vergrößerung mit m, so haben wir $m = \frac{cd}{hi} = \frac{\text{tang. } \frac{1}{2} \text{ cfd}}{\text{tang. } \frac{1}{2} \text{ hfi}}$ oder auch unter den letzteren Voraussetzungen $m = \frac{\angle \text{ cfd}}{\angle \text{ hfi}}$. In dieser Beziehung können daher die Lupen und Mikroskope als Vergrößerungsapparate der Gesichtswinkel, unter welchen kleinere Gegenstände in der natürlichen Sehweite erscheinen müßten, angesehen werden.

Machen wir die natürliche Sehweite ef = f, die Brennweite der Linse kf = p und die Entfernung des Gegenstandes von derselben = gf = b, so haben wir, da ab und cd parallel sind, cd : ab = ef : gf = f : b. Die Stärke der Vergrößerung gleicht daher $\frac{f}{b}$, d. h. der natürlichen Sehweite dividirt durch den Abstand des Objectes von der Lupe.

Wollen wir die Vergrößerung der letzteren aus ihrer Brennweite bestimmen, so haben wir nach §. 1033, da die Vereinigungsweite des vergrößerten Bildes oder die natürliche Sehweite = f sowohl als der Abstand des Gegenstandes = b negativ sind:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{b} \text{ oder}$$
$$\frac{1}{b} = \frac{1}{p} + \frac{1}{f}.$$

Mithin $b = \frac{pf}{f+p}$.

Substituiren wir nun diesen Werth in der obigen Gleichung $m = \frac{f}{b}$, so erhalten wir

$$m = \frac{f(p+f)}{fp} = \frac{f}{p} + 1,$$

d. h. die Stärke der Vergrößerung einer Linse oder eines einfachen Mikroskopes gleicht dem Quotienten aus der natürlichen Sehweite, getheilt durch die Brennweite der Linse plus Eins.

Dieses letztere Resultat führt unmittelbar zu der Folgerung, daß die verschiedenen Menschen die gleichen Objecte unter den Mikroskopen verschieden groß wahrnehmen müssen. Ein Weitsichtiger wird sie größer, ein Kurzsichtiger kleiner erblicken. Denn beträgt z. B. die Brennweite einer Lupe 4 Zoll und die Sehweite eines Presbyopischen 16 Zoll, die eines Kurzsichtigen dagegen 6 Zoll, so gleicht die Stärke der Vergrößerung für den ersteren $\frac{16}{4} + 1 = 5$, für den letzteren dagegen $\frac{6}{4} + 1 = 2{,}5$.

Eben so ergiebt sich von selbst, daß eine Linse um so mehr vergrößern muß, je kürzer ihr Focus ist. Denn gesetzt, wir hätten eine von 4 Zoll und eine zweite von 1 Zoll Brennweite und die natürliche Sehweite betrüge 10 Zoll, so erhalten wir für jene $\frac{10}{4} + 1 = 3{,}5$, für diese dagegen $\frac{10}{1} + 1 = 11$. Da aber das Maaß der Vergrößerung der natürlichen Sehweite dividirt durch den Abstand des Gegenstandes gleicht, so haben wir in dem ersteren Falle, wenn wir diese Distanz mit x bezeichnen, 3,5 =

$\frac{10}{x}$ und $x = 2'',857$, in dem letzteren aber $11 = \frac{10}{x}$ und $x = 0'',909$, d. h. der Gegenstand muß der Linse um so mehr genähert werden, je kürzer die Brennweite und je stärker die Vergrößerung ist. Suchen wir für dieses Verhältniß allgemeinere Werthe, so erhalten wir sie unmittelbar in der obigen Formel $b = \frac{p\,f}{f+p}$, d. h. die Distanz des Gegenstandes von der Linse gleicht dem Producte aus der natürlichen Sehweite und der Brennweite der Linse dividirt durch die Summe dieser beiden Größen. Da sich aber aus der Gleichung $b = \frac{p\,f}{f+p}$ der Werth $1 + \frac{p}{f} = \frac{p}{b}$ ergiebt, so folgt hieraus, daß f und b gleichzeitig wachsen und fallen müssen, d. h. ein Weitsichtiger ist genöthigt, den kleinen zu betrachtenden Gegenstand von dem Mikroskope mehr als ein Kurzsichtiger zu entfernen.

Die Helligkeit des Mikroskopes wird natürlich von der Menge der Lichtstrahlen, welche in das Auge treten, bestimmt werden. Die Hauptfactoren dieser Bedingungen sind die Menge des Lichtes, welches von dem kleinen Gegenstande ausgeht, die Größe der Pupille und die der Oeffnung der Linse. Um die erstere zu verstärken, werden durchsichtige Gegenstände von unten durch einen ebenen oder concaven Reflexionsspiegel, undurchsichtige dagegen von oben durch ein Prisma oder eine Sammellinse beleuchtet. Was die Pupille betrifft, so würde jeder Punkt des Gegenstandes, wenn er unmittelbar gesehen würde, einen Lichtkegel absenden, dessen Spitze jener Punkt selbst, dessen Basis dagegen der Kreis des Sehloches wäre. Allein die dazwischen liegende Linse ändert dieses Verhältniß. Denn nur die auf sie gelangenden Strahlen werden in das Auge eingeleitet. Es wird daher eine um so bedeutendere Zahl von ihnen auf unsere Netzhaut gelangen, je größer die Oeffnung der Linse ist. Nennen wir z. B. den Radius der letzteren r und den der Pupille ϱ, so würde die Menge der in das Auge tretenden Lichtstrahlen oder die Helligkeit $H = \frac{r^2}{\varrho^2}$ sein, wenn das Netzhautbild mittelst der Linse eben so groß als ohne sie ausfiele. Die lineare Vergrößerung beträgt aber m, folglich die in die Fläche m^2. Es wird mithin diese Lichtmenge relativ um m^2 schwächer, und wir haben daher die Helligkeit $H = \frac{r^2}{\varrho^2\,m^2}$. Nun glich $m = \frac{f}{p} + 1$, oder ohne erheblichen Fehler $\frac{f}{p}$. Substituiren wir diesen letzteren Werth, so haben wir $H = \frac{r^2\,p^2}{\varrho^2\,f^2}$, d. h. die Helligkeit gleicht dem Producte der Quadrate des Oeffnungshalbmessers und der Brennweite der Linse dividirt durch das Product der Quadrate der natürlichen Sehweite und des Radius der Pupille. Machen wir z. B. die Sehweite $= f = 10''$ und den Halbmesser des Sehloches $= \varrho = 0''',7 = 0'',0583$, so haben wir $H = \frac{r^2\,p^2}{0,340}$. Es würde mithin die Helligkeit zunehmen, wenn sich entweder die Brennweite oder der Oeffnungshalbmesser vergrößert. Das erstere ist jedoch mit einer Schwäche der Vergrößerung, das letztere, wenn beide Flächen der Linse gleich sind, mit einer bedeutenderen sphärischen und chromatischen Aberration verbunden. Um diesen zweiten Nachtheil zu vermeiden, sucht man die Masse, aus welcher die Linse besteht, zu verändern. Man wählt z. B. Diamanten oder Saphire, welche eine stärkere Brechkraft und zum Theil ein geringeres Zerstreuungsvermögen besitzen. Wir haben z. B.

Körper.	Durchschnittlicher Brechungsexponent.	Zerstreuungsvermögen.
Glas	1,54	0,033
Saphir	1,794	0,026
Diamant	2,439	0,038

Da die Brennweite der Linse = p und die beiden Radien derselben = r und s, die Vereinigungsweite paralleler Strahlen $p = \frac{r\,s}{(n-1)\,(r+s)}$ oder, wenn r = s, $p = \frac{r}{2\,(n-1)}$ ist, so erhalten wir z. B., wenn wir r = 10 setzen, folgende Werthe:

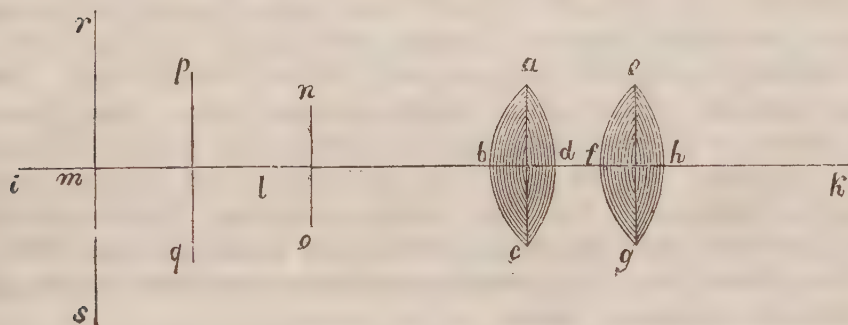
Linse.	Brennweite.
Glas.	9,259
Saphir.	6,297
Diamant.	3,474

Es werden sich bei denselben Durchmessern die Vergrößerungen der Glaslinse zu der der Saphir- und der der Diamantlinse = 0,54 : 0,794 : 1,439 = 1 : 1,47 : 2,665 verhalten. Man wird also bei den letzteren für dieselbe Vergrößerung bedeutendere Radien und einen stärkeren Focalabstand anbringen, mithin mehr Helligkeit erzielen können. Denn da die Vergrößerung $\frac{f}{p}$ oder, weil $p = \frac{r}{2\,(n-\ )} = \frac{2\,.\,f\,(n-1)}{r\,p}$, so muß p und natürlich ebenfalls r um so mehr zunehmen, jemehr (n — 1) wächst.

Eine größere Oeffnung der Linse gewährt zugleich den Vortheil eines bedeutenderen Gesichtsfeldes des Mikroskopes. Denn dieses hängt von der Dicke des Glases und der Entfernung des Auges von demselben unmittelbar, mithin in ersterer Beziehung mittelbar von der Quantität der Radien und der Brennweite ab.

Die zusammengesetzten Mikroskope bieten im Wesentlichen die eben geschilderten Eigenschaften der einfachen dar und haben überdies noch den Vortheil, daß sie stärkere Vergrößerungen erzeugen und aplanatischer und achromatischer verfertigt werden können. Dieses erhellt schon aus den allgemeinen Principien der gegenseitigen Linsencombinationen. Nehmen wir z. B. an, abcd sei die eine, efgh die andere Linse, ik die Achsenverlängerung beider, l die Brennweite von abcd und m die von efgh und no das kleine Object, so wird es von der Linse abcd, da es zwischen l und b liegt, so aufgefaßt werden, daß sein Bild in pq erscheint. Hat aber efgh seinen Focus in m, so muß das durch sie bewirkte Bild in rs auftreten. Befindet sich nun das letztere in der natürlichen Sehweite des bei h liegenden Auges, so wird es bei dieser Linsencombination deutlich gesehen werden. Damit dieses Statt finde, müssen die Strahlen schwach convergirend und fast parallel ins Auge fallen. Es wird sich daher das Bild fast im Focus der Linse efgh befinden. Zugleich erhellt hieraus, daß von den beiden Objectivlinsen efgh und abcd die letztere eine kleinere Brennweite haben muß als die erstere. Dasselbe gilt für die gegenseitige Combination einer größeren Zahl von Linsen. Wenn wir daher z. B. ein Object unter Nr. 1 der Objective, die wir uns vorläufig als einfach denken wollen, betrachten, so fällt der Abstand des Glases vom Gegenstande größer aus, als wenn man Nr. 1 und 2 gebraucht. Bei einem Satze von 6 Objectivlinsen, wie sie die Plößl'schen und Schiek'schen Mikroskope haben, wird daher eine Combination von Nr. 4, 5 und 6 am wenigsten von dem Gegenstande abstehen.

Fig. 158.

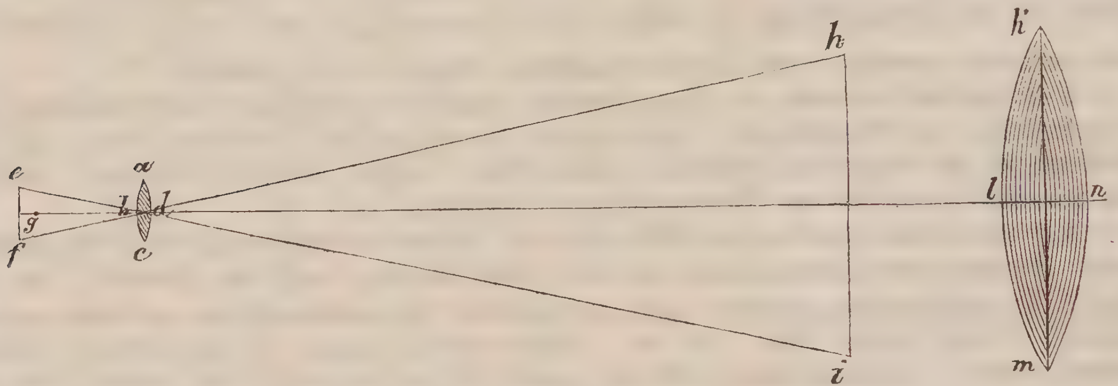


Der Vortheil dieser mehrfachen Linsencombination ergiebt sich von selbst, wenn wir bedenken, daß beide Linsen zusammen die Convergenz der Lichtstrahlen in höherem Grade als eine verstärken und daher ihre rec proke Brennweite kürzer ausfallen muß, als die

einer jeden einzeln genommen. Jede Linse für sich besitzt daher einen größeren Focalabstand oder längere Halbmesser. Wollten wir sie aber durch Eine Linse ersetzen, so müßte diese dieselbe Brennweite als die reciproke der Doppellinsen, d. h. kürzere Radien oder stärkere Krümmungen haben. Sie böte daher eine größere sphärische Aberration und eine geringere Deutlichkeit oder eine kleinere Oeffnung und daher ein beschränkteres Gesichtsfeld dar. Alle diese Nachtheile werden durch die Doppelcombination der flacheren Linsen aufgehoben, ohne daß an Vergrößerungskraft verloren geht. Natürlicher Weise kann aber wiederum jede Linse eine achromatische Verbindung eines biconvexen Crown- und eines zerstreuenden Flintglases nach denselben Regeln, die schon bei Gelegenheit der Achromasie des Auges (§. 1083) dargestellt worden, enthalten.

Beschränkt sich die Combination auf zwei solche Objective, — welche in der Regel aus keinen besonderen achromatischen Linsencombinationen zusammengesetzt sind, weil das Auge ihnen ohnedies sehr nahe liegt — so bildet dieses ein sogenanntes Doppelmikroskop. Bei den größeren zusammengesetzten Instrumenten der Art dagegen wird das von den Objectiven gelieferte Bild von neuem durch Sammellinsen aufgefaßt und auf diese Art nochmals vergrößert. Gesetzt, abcd sei eine Objectivlinse und ein kleiner Gegenstand

Fig. 159.



befinde sich jenseits der Brennweite derselben g, so wird das Bild hi vergrößert und verkehrt erscheinen. Betrachten wir nun aber hi durch eine zweite Sammellinse klmn, so daß das dicht hinter n befindliche Auge die Strahlen fast parallel empfängt und in der deutlichen Sehweite auffaßt, so erzielen wir eine noch stärkere Vergrößerung. Zwischen dem Objectiv abcd und dem Ocular klmn befindet sich ein Rohr, dessen Innenfläche mit einer matten schwarzen Färbung überzogen ist, damit keine seitliche Reflexion von Lichtstrahlen störend einwirkt. An der Stelle, an welcher das Bild auffällt, existirt ein ebenfalls geschwärztes Diaphragma, um alles sonstige unnöthige Licht abzuhalten. Die Oeffnung desselben darf aber natürlich weder größer noch kleiner als das Bild hi sein, weil es sonst in dem ersteren Falle seinen Zweck unvollkommen erfüllen, in dem letzteren dagegen das Gesichtsfeld verkleinern würde.

Das Ocular ist entweder einfach, oder besteht aus zwei Gläsern, einer unteren Sammel- oder Collectiv- und einer oberen Ocularlinse. Beide befinden sich an einem innen matt geschwärzten Rohre in einer bestimmten Entfernung von einander. Zwischen ihnen liegt wieder ein Diaphragma in der Brennweite der Ocularlinse und der Wirkung derselben und der Convergenz der Lichtstrahlen entsprechend. Da aber die mittlere Sehweite eine gewisse Längenausdehnung hat, so sieht das Auge, wenn es nahe an das Ocular angelegt wird, eben so gut den Gegenstand, als befände es sich in dem optischen Mittelpunkte der Ocularlinse. Indem diese und die Collectivlinse eine einzige Linse ersetzen, mithin flacher als sie sein können, wird die sphärische und chromatische Abweichung durch ein zusammengesetztes Ocular eher als durch ein einfaches aufgehoben. Die achromatische Herstellung der Objective erfolgt dadurch, daß man, umgekehrt wie bei den ähnlichen Gläsern der Fernröhre, zuerst, d. h. dem Gegenstande näher, die Flintglas- und entfernter die Crownglaslinse anbringt.

Was die Stärke der Vergrößerung eines solchen Mikroskopes betrifft, so wollen wir der Kürze wegen ein einfaches Ocular, welches doch zugleich als der Ausdruck des zusammengesetzten angesehen werden kann, und das Auge im optischen Mittelpunkte desselben annehmen. Gesetzt, es sei nun ab die Objectivlinse und cd das Ocular. Beide

Fig. 160.

sind so gestellt, daß ihre Achsen in einer geraden Linie hm und in der Mitte des zu betrachtenden Gegenstandes ef liegen. Ist nun ik das von der Objectivlinse erzeugte vergrößerte und umgekehrte Bild von ef und bezeichnen wir den Abstand desselben von dem Objectiv = hl mit a, den des Gegenstandes von demselben dagegen = gh mit b, so haben wir, da ef und ik parallel, $\angle ehf = \angle ihk$, $\triangle ehf$ ähnlich $\triangle ihk$ und gh und hl beide halbiren, $ik : ef = hl : hg = a : b$. Mithin die Stärke der durch die Objectivlinse bedingten Vergrößerung $= \frac{ik}{ef} = \frac{a}{b}$. Dieses Bild $\frac{a}{b}$ wird aber durch das Ocular wie durch ein einfaches Mikroskop angesehen. Nennen wir daher die natürliche Sehweite f und die Brennweite der Linse p, so haben wir für die Vergrößerung des Oculars $\frac{f}{p}$. Folglich beträgt die absolute Vergrößerung des zusammengesetzten Mikroskopes $= m = \frac{af}{bp}$. Dieselbe Formel hat natürlich auch ihre Anwendung, wenn man die Einzelnwerthe der Collectivlinse und der Ocularlinse von zusammengesetzten Ocularen auf entsprechende Weise einträgt. Sie giebt uns aber auch zu gleicher Zeit über eine Reihe von Verhältnissen, die wir an dem zusammengesetzten Mikroskop wahrnehmen, unmittelbaren Aufschluß.

1) Je größer die natürliche Sehweite = f ausfällt, um so mehr wächst auch die Stärke von m. Es wird daher auch hier ein weitsichtiges Auge ausgedehntere Bilder als ein kurzsichtiges sehen.

2) Nähern wir den Gegenstand der Objectivlinse, so daß gh = b kleiner und hl = a größer wird, so verstärkt sich auch m. Auf diesem Wege ließen sich daher bedeutende Variationen der Vergrößerung erzielen, wenn nicht ein anderer Nachtheil damit verbunden wäre. Denn da die Länge des Mikroskopes $= hl + lm = a + p$ ist, so muß sie zunehmen, so wie a wächst. Dieses würde nothwendig machen, daß das Rohr des Mikroskopes wie ein Perspectiv bedeutend ausgeschoben werden müßte, und auf diese Art Unbequemlichkeiten bereiten. Man verzichtet daher lieber auf einen solchen Vortheil, richtet das Mikroskop für fixe Vergrößerungen ein und bestimmt nach den stärksten von diesen die Länge des Rohres und die Größe der Diaphragmen. Nur bei einsetzbaren Ocularen bringt man jenes Princip zum Theil insofern in Anwendung, als man bisweilen das Glas etwas herauszieht, um eine stärkere Vergrößerung zu erzielen. In diesem Falle muß aber natürlich das Rohr so heruntergeschraubt werden, daß sich der Gegenstand der Objectivlinse entsprechend nähert.

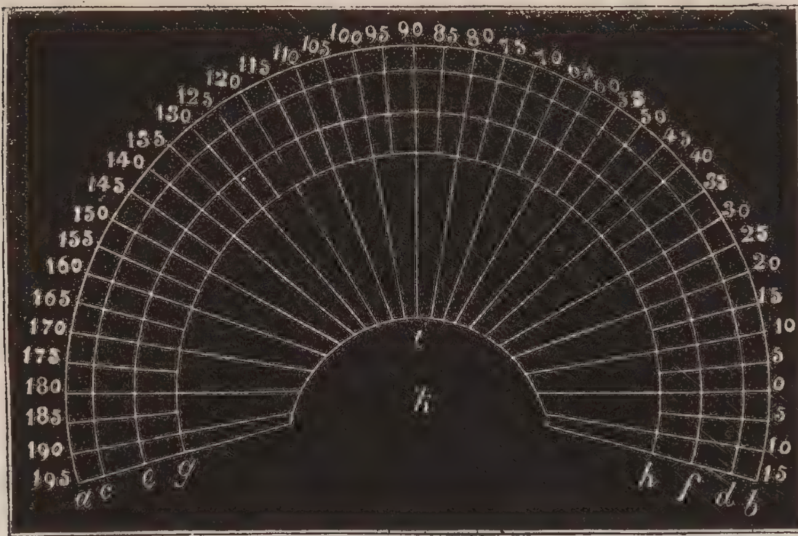
3) Je kürzer die Brennweite des Oculars = p wird, um so mehr erhöht sich der Werth von b. Dieses ergiebt sich schon von selbst, wenn wir bedenken, daß das Ocular auf das durch die Objectivlinse erzeugte Bild eben so wirkt, wie ein einfaches Mikroskop auf den untergelegten Gegenstand. Eben so können verschiedenartige passende Objective zu einem Ocular gebraucht werden. Die kürzere Brennweite einer einzelnen Linse, welche bei der Kleinheit derselben und der nothwendigen Krümmungshalbmesser sehr schwer zu erreichen wäre, ersetzt man durch mehrere Linsen nach derselben Weise, wie dieses schon früher dargestellt worden.

Die übrigen optischen Verhältnisse der Mikroskope siehe z. B. in: **J. C. E. Schmidt** Lehrbuch der analytischen Optik, nach des Verfassers Tode herausgegeben von C. W. B. **Goldschmidt**. Göttingen, 1834. 8. S. 563—576. **F. W. G. Radicke** Handbuch der Optik, mit besonderer Rücksicht auf die neuesten Fortschritte der Wissenschaft. Bd. II. Berlin, 1839. 8. S. 347—58. und vorzüglich die sehr klare und faß-

liche Darstellung in Kunzek die Lehre vom Lichte nach dem neuesten Zustande der Wissenschaft. Lemberg, 1836. 8. S. 222—238. Ausführliche Schilderungen der Construction der verschiedenen Mikroskope und des Gebrauches derselben finden sich in: J. Vogel Anleitung zum Gebrauch des Mikroskopes zur zoochemischen Analyse und zur mikroskopisch-chemischen Untersuchung überhaupt. Leipzig, 1841. 8.

1097 Sehen wir mit einem Auge, ohne daß es bewegt wird, gerade vor uns, so finden wir, daß nur ein gewisser, ziemlich beschränkter Raum, welcher die geradlinigte Verlängerung unserer Augenachse umgiebt, innerhalb der Grenzen der mittleren Sehweite deutlich erkannt zu werden vermag. Die Gegenstände werden nach außen von diesem Bezirke immer unklarer und verschwinden endlich gänzlich aus dem Gesichtsfelde. Um aber diese Verhältnisse genauer zu ermitteln, dient folgender einfache Apparat. Man zieht auf einem großen steifen und ebenen Pappendeckel 4 concentrische Kreisbogen ab, cd, ef und gh, z. B. von den Radien von 17,7, 19,9, 22,1 und 24,2 Centimetern und theilt sie genau in 180° oder mehr, so daß 90° gerade in die Mitte kommt. Nun schneidet man die Umgebung des Mittelpunktes gih so aus, daß man das Auge bequem anlegen und ohne Hinderniß visiren kann, wenn das Centrum k der Kreise mit dem Drehpunkte des Bulbus zusammenfällt. Der Halbmesser, welcher 90° entspricht, wird hierbei z. B. auf zweckmäßige Weise um 1,6 Centimeter verkürzt. Man stellt alsdann an dem äußersten Kreise ab Nadeln bei 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 85°, 90°, 95°, 100°, 110°, 120°, 130° und 140° und an dem nächst folgenden cd bei 80°, 90° und 100° senkrecht auf. Visirt man nun die beiden einander deckenden Nadeln bei 90° und rückt den Apparat so lange, bis sich auch die Nadeln bei 80° und 100° bei der Bewegung des Bulbus genau decken, so liegen der horizontale Drehpunkt unseres Auges und der Mittelpunkt der Kreisbogen an einem Orte (§. 1012). Man blickt hierauf gerade vorwärts, so daß die Verlängerung der Augenachse die beiden Nadeln bei 90° trifft und zählt ab, wie viel seitliche Nadeln deutlich, wie viele undeutlich und wie viele vollkommen verwischt und nebelig wahrgenommen werden. Durch senkrechte Aufstellung des Apparates erhält man dann auch die gesuchten Werthe für die vertikale Ausdehnung. Indem man die Nadeln vorzüglich zwischen 80°, 85°, 90°, 95° und 100° von Grad zu Grad verrückt, finden sich leicht die Grenzen des scharfen Sehens mit ziemlicher Genauigkeit. Ich erhielt nun auf diese Weise an meinem linken Bulbus folgende Resultate:

Fig. 161.

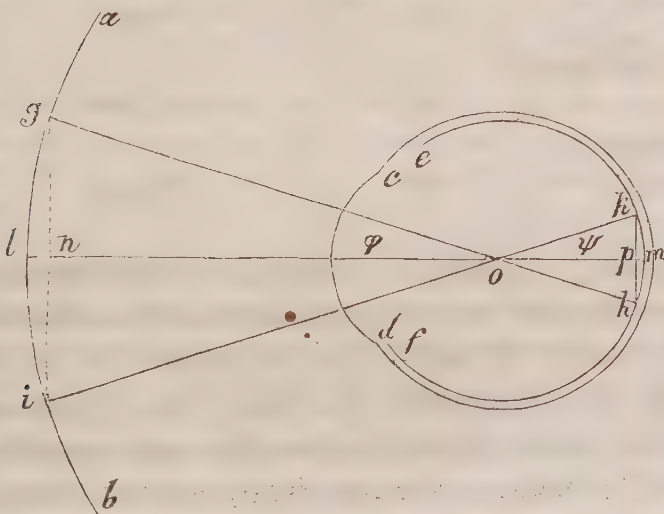


1) Horizontaler Kreisbogen. — Stehen die Nadeln, während man diejenigen, welche sich auf 90° befinden, visirt, um 1°—3° von diesem Werthe jederseits ab, so erscheinen sie noch eben so deutlich als die, welche sich in der unmittelbaren Verlängerung der Augenachse befinden. Bei 4° wird das Bild etwas schwächer. Jedoch merkt man dieses erst bei besonderer Aufmerksamkeit. Fast das Gleiche findet auch noch bei 5°—6° Statt. Bei 7° dagegen ist es schon in auffallenderem Maaße der Fall, indem die Bilder auf eine sogleich in die Augen springende Art an Schärfe verlieren. Es tritt, wenn sich beiderseits Nadeln in einem Abstande von 8° befinden, in vorzüglichem Maaße hervor. Diejenige, welche nach der inneren Seite des Auges hinstand, erschien etwas bestimmter als die, welche nach außen befindlich war, so daß die äußere Seite der Netzhaut, da hier die Kreuzung der Richtungsstrahlen in Betracht kommt, in geringem Grade im Vortheil war. Bei 10° zeigten sich die Bilder nur bei scharfer Fixation ziemlich deutlich; sonst dagegen verwaschener, oder man erblickte nur vorzugsweise die Knöpfe, nicht aber die übrigen Theile der Nadeln. Diejenigen, deren Distanz 20° auf jeder Seite betrug, wurden nur sehr nebeligt dargestellt. Noch unvollkommener erschienen die, welche um 30° abstanden, während diejenigen, die 40° und 50° entfernt waren, gar nicht zur Auffassung kamen. Die inneren Nadeln, d. h. die Elemente der äußeren Hälfte der Netzhaut hatten auch bei allen diesen bedeutenderen Abständen den Vorzug.

2) Senkrechter Kreisbogen. — Bis zu 7° gestalteten sich die Verhältnisse wie bei der wagerechten Stellung des Apparates. Eine scharfe Differenz zwischen oben und unten trat mir hierbei wenigstens auf keine constante Weise hervor. Die Bilder in 10° Entfernung dagegen erschienen mir immer auffallend undeutlicher als an dem horizontalen Kreisbogen. An denen von 20° waren höchstens die Nadelknöpfe sehr nebeligt wahrzunehmen, während diejenigen von 30° gänzlich aus der Anschauung hinwegfielen.

Alle diese Versuche wurden in einem hellen schattigen Zimmer, während an den gegenüberliegenden Häusern die Sonne schien, angestellt und gaben bei mehrfachen Wiederholungen dieselben Resultate. Die Nadeln waren neu und gut polirt, so daß sie viel Licht reflectirten.

Fig. 162.



Wir können nun aus die- 1098
sen Thatsachen die Ausdehnung der vorzugsweise empfindenden Stellen der Netzhaut wenigstens approximativ bestimmen. Nehmen wir an, aglib sei der Kreisbogen, auf welchem die Nadeln angebracht sind, cd der Durchschnitt der Hornhaut

und ekmhf der des hinteren Theiles der Netzhaut, lm die Augenachse und g und i zwei Nadeln, welche auf jeder Seite von $l = 90^0$ um den Winkel φ entfernt stehen, so bildet o den Kreuzungspunkt der Richtungslinien gh und ik und zugleich annäherungsweise den Drehpunkt des Auges. Da nun $\angle$ goi = koh als Scheitelwinkel und lm beide halbirt, so ist $\varphi = \psi$. Nun haben wir für das Netzhautbild $kh = 2 \times kp$, da kop ein rechtwinkeliges Dreieck ist, $kp : op = \sin. \psi : \cos. \psi$. Mithin $kp = op \tan g. \psi = op \tan g. \varphi$. op ist aber der aus früheren Bestimmungen (§. 1012) bekannte mittlere Abstand des Drehpunktes des Bulbus von dem hinteren Ende der Augenachse und zwar für mein linkes Auge 4''',731. Wir erhalten mithin, wenn wir die oben verzeichneten Winkel der Rechnung zum Grunde legen, folgende Ausdehnung der mit verschiedenartigen Empfindungsthätigkeiten versehenen Stellen der Netzhaut.

Richtung.	Art des Sehens.	$\varphi =$	In pariser Linien ausgedrückter einseitiger Abstand des Netzhautbildes von dem hinteren Ende der Augenachse.
Horizontale.	Vollkommen deutlich . . .	1° — 3°	0''',0826 bis 0''',2479
	Noch vollkommen deutlich, doch mit dem ersten Minimum der geringeren Schärfe . . .	4°	0''',3308
	Grenze der mäßigen Deutlichkeit	5° — 6°	0''',4139 bis 0''',4972
	Ziemlich undeutlich . . .	10°	0''',8342
	Nur theilweise und nebeligte Bilder	20°	1''',7220
	Sehr unvollkommene und nebeligte Bilder	30°	2''',7314
	Gänzliches Verschwinden der Bilder	30° — 40°	2''',7314 bis 3''',9698
Senkrechte.	Sehr undeutlich	10°	0''',8342
	Sehr unvollkommene und nebeligte Bilder	20°	1''',7220
	Gänzliches Verschwinden des Bildes ungefähr bei . .	30°	2''',7314

Diese Zahlen zeigen uns aber 1) daß die Grenze des vollkommen deutlichen Sehens innerhalb eines Kreises der Netzhaut liegt, dessen Mittelpunkt das hintere Ende der Augenachse ist und dessen Halbmesser 0''',4139 bis 0''',4972 beträgt. Nun trifft die Augenachse die Mitte des Sömmerring'schen gelben Fleckes, während dieser einen Durchmesser von ungefähr 1''', mithin einen Radius von 0''',5 besitzt. Hieraus folgt, daß die Grenze des deutlichen Sehens im Erwachsenen mit der Ausdehnung des gelben Fleckes der Netzhaut zusammenfällt.

2) Die Bilder, welche auf diese Weise auf die Macula lutea gelangen, haben aber nicht alle die gleiche absolute Schärfe. Fallen sie bis zu einem Abstande vom Mittelpunkte = 0''',2479 auf, so erscheinen sie fast noch eben so bestimmt, als wenn sie in der Augenachse selbst liegen. Weiter nach außen dagegen tritt eine etwas bedeutendere allmälig zunehmende Unvollkommenheit ein, die schon bei 0''',3308 merklicher wird. Da nun das hintere Ende der inneren Augenachse ungefähr auf die Mitte des Centralloches der Netzhaut fällt und dieses in seiner größten Ausdehnung circa ein Dritttheil bis die Hälfte des gelben Fleckes einnimmt, so können wir schließen, daß diejenigen Bilder, welche die Gegend des Foramen centrale treffen, am deutlichsten gesehen werden und die Empfindlichkeit schon in der Peripherie der Macula lutea nach und nach abnimmt. Hiermit stimmt auch, daß die gelbe Färbung in dem Centrum am gesättigtsten ist und, je weiter nach dem Umkreise, um so schwächer wird.

3) Die äußerste Grenze des undeutlichen Sehens liegt zwischen 2''',7314 und 3''',9698; folglich im Mittel bei 3''',3506 einseitiger horizontaler Entfernung von der Augenachse. Nun beträgt die gesammte Breite der Centralfalte der Netzhaut ungefähr 2''' und der horizontale Abstand des Formen centrale von der Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven circa 1''',5. Es geht mithin die Möglichkeit der undeutlichen Auffassung der Bilder über diese beiden Stellen hinaus. In senkrechter Richtung tritt schon bei einem einseitigen Abstande von 0''',8342 eine auffallendere Undeutlichkeit hervor, während die Grenze des möglichen Sehens bei 2''',7314 fällt. Auch hier findet mithin ein Ueberschreiten der in vertikaler Richtung weniger ausgedehnten Centralfalte Statt.

Alle diese Verhältnisse beziehen sich auf vollkommen gesunde Augen und das normale Sehen bei hellem Tageslichte. Denn wir werden in der Folge bei der Erläuterung der Auffassung der Bilder mittelst zwei Augen und der Darstellung der subjectiven Gesichtserscheinungen finden, daß diese Erscheinungen unter abnormen Bedingungen wesentliche Veränderungen erleiden können.

Die gelbe Farbe des Sömmerring'schen Fleckes suchte Melloni [1]) durch folgende Hypothese zu erklären. Nimmt man an, daß der Proceß des Sehens nicht bloß durch eine Berührung der Lichtstrahlen und der Netzhaut erfolgt, sondern daß die Lichtwellen ebenfalls entsprechende Erzitterungen der Molecule der Retina erregen, so müßte die Empfindung eine Art von Resonanz der einwirkenden Aetherschwingungen darstellen. Die Vibrationen derselben würden von der Leichtigkeit abhängen, mit welcher die Atome der Retina dieser oder jener Lichtätherschwingung folgen. Diejenigen Modulationen, welche außerhalb des Farbenspectrums liegen, d. h. die, welche thermische und chemische, aber keine farbigen Strahlen mehr erzeugten, ermangelten der Fähigkeit, die Netzhaut zu ihrer subjectiven Energie anzuregen. Die zwischen Gelb und Orange dagegen befindlichen Strahlen, welche nach Frauenhofer das Maximum der Lichtstärke besitzen, müßten auch die ausgeprägteste Vibrationsbewegung den Elementen der Netzhaut mittheilen. Alle anderen Farben des Spectrums würden in dieser Beziehung der gelben nachstehen. Da nun ein Körper roth, gelb, grün oder blau erscheint, wenn die Spannung seiner Theilchen mit der Schwingungsperiode der Vibrationen der rothen, gelben, grünen oder blauen Strahlen consonirt, so folgt hieraus, daß die Netzhaut unter den obigen Verhält-

---

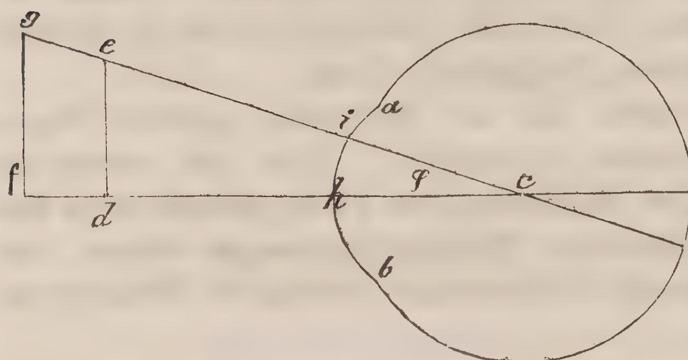
[1]) Poggendorff's Annalen Bd. LVI. Leipzig, 1842. 8. S. 574—87.

nissen gelb gefärbt sein muß. Dieses Desiderat erfüllt nun der Sömmerring'sche Fleck. Ja es soll sogar auch nach Melloni die übrige Retina einen schwach gelblichen Anstrich besitzen. Mit Zunahme der Jahre nehme die Coloration der Retina ab, während sich die der Krystallinse compensationsweise vergrößert und auf diese Art endlich bei sehr alten Leuten bernsteinfarben wird (§. 1040). Gegen diese Theorie läßt sich zwar einwenden, daß der gelbe Fleck bei zarten Kindern und den Thieren, mit Ausnahme der Affen, fehlt. Allein möglicher Weise kann allerdings die Thatsache, daß das Gelb des Farbenspectrums mit der größten Lichtstärke wahrgenommen wird, von der Farbe der Macula lutea abhängen.

1099 Diejenige Perception, welche wegen der Lage des Netzhautbildes in der Nähe der Augenachse am klarsten ist, heißt directes, die hingegen, welche bei größerer Entfernung des ersteren von dem Centralloche undeutlich erscheint, indirectes Sehen. Beiderlei Arten gehen natürlich allmälig in einander über. Der Umfang aber, in welchem die Gegenstände überhaupt von jedem Auge für sich erblickt werden können, heißt einfacher Gesichtskreis, Horopter. Er hat einen wagerechten, einen senkrechten und unendlich viele dazwischen liegende Durchmesser und ist nach Verschiedenheit des Sehens ein directer oder indirecter.

1100 Abstrahiren wir von den Deutlichkeitsunterschieden, welche durch die Größe der Entfernung selbst bedingt werden, so lassen sich die Durchmesserwerthe des Gesichtskreises aus den in §. 1098 angegebenen Winkelverhältnissen leicht berechnen. Denn wenn z. B. ahib den Durchschnitt der Hornhaut, c den Kreuzungspunkt der Richtungslinien und zugleich annäherungsweise den Drehpunkt des Augapfels, hd eine Entfernung und hf eine zweite Distanz von der Cornea bildet, so sind de und fg die entsprechenden halben Ausdehnungen des Gesichtskreises. Wir haben aber nach §. 1012 hc = 5‴,29 = 0″,44085 = 0′,03674.

Fig. 163.



Obgleich nun dieser Werth so klein ist, daß man ihn bei irgend bedeutenden Entfernungen ohne erheblichen Fehler außer Acht lassen kann, so wollen wir ihn doch noch der größeren Genauigkeit wegen in unserer Rechnung berücksichtigen. Nun sind die Dreiecke dce und fcg rechtwinklig und einander ähnlich. Es ergiebt sich daher zuvörderst de : dc = de : dh + 0′,03674 = sin. φ : cos. φ und de = tang. φ (dh + 0,03674). Eben so ist fg = tang. φ (fh + 0′,03674). Das Doppelte des Endwerthes giebt dann den Durchmesser des Horopters.

Wie man leicht sieht, kann diese Bestimmung nur eine annähernde sein. Sie fiele vollkommen richtig aus, wenn auch das Netzhautbildchen in einer ebenen Fläche, welche fg parallel ist, läge. Da dieses aber nicht der Fall ist, so kann auch fg keine grade Linie bilden. Wäre die Retina einfach sphärisch, so ließe sich die nöthige Correction leicht vornehmen. Da dieses jedoch nicht der Fall ist und überdies noch, abgesehen von der

Dicke der empfindenden Theile der Netzhaut, die Curven, welche durch die Plica centralis und die Einsenkung des Sömmerring'schen Loches gebildet werden, unbekannt sind, so gehört auch eine ganz befriedigende Berechnung dieses Problems zu den Unmöglichkeiten.

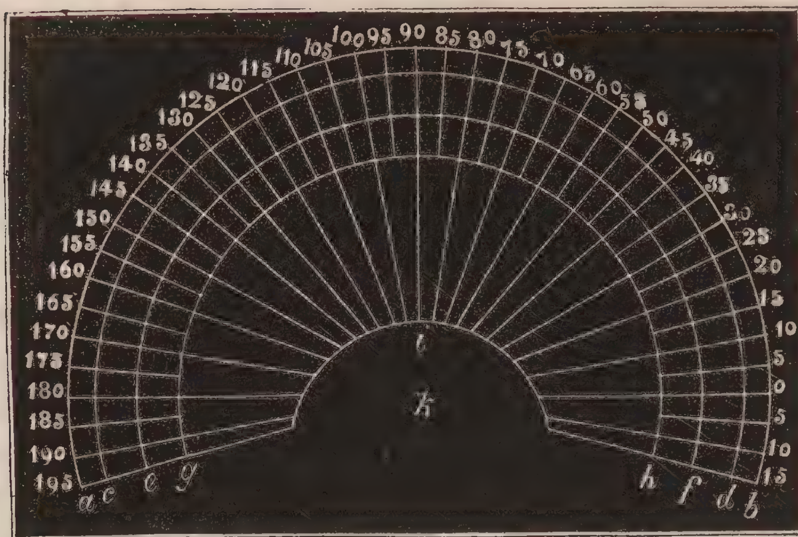
Nehmen wir an, daß φ für die Grenze der vollkommenen Deutlichkeit $= 3^0$, für die der mäßigen Klarheit $= 5^0$ und für die der möglichen Auffassung der undeutlichsten Bilder der Breite nach $= 30^0$, so ergeben sich z. B. für die zwischen 4 Zoll und 4 Meilen liegenden Entfernungen folgende Werthe:

In pariser Fuß ausgedrückte Größen			
der Entfernung.	des Durchmessers des Gesichtskreises bei unbewegtem Auge.		
	Directes Sehen.		Indirectes Sehen.
	Mit vollkommener Deutlichkeit $\varphi = 3^0$.	Mit mäßiger Klarheit $\varphi = 5^0$.	Mögliche Auffassung der unbestimmtesten Bilder $\varphi = 30^0$.
⅓	0′,03878 (= 0″,47)	0′,06474 (= 0″,78)	0′,42732 (= 5″,12)
⅔	0′,07373 (= 0″,88)	0′,12308 (= 1″,48)	0′,81222 (= 9″,75)
1	0′,10866 (= 1″,30)	0′,18140 (= 2″,18)	1′,19712
10	1′,05200	1′,75620	11′,5894
100	10′,4854	17′,5042	115′,512
1000	104′,816	174′,984	1154′,74
12000	1257′,78	2099′,8	13856′,8
96000	10062′,2	16797′,8	110852′

So lange $\varphi = 3^0$ oder $= 5^0$, mithin der Scheitelwinkel des Horopterdreieckes $= 6^0$ oder $= 10^0$ bleibt, hat jeder der Basalwinkel derselben 87^0 oder 85^0. Es ist daher der Durchmesser des Gesichtskreises beträchtlich kleiner als die Entfernung des Gegenstandes. Wenn dagegen $\varphi = 30^0$, mithin der Scheitelwinkel des Gesichtskreises $= 60^0$ und daher auch jeder der Basalwinkel $= 60^0$ wird, so muß sich die natürliche Breite des Horopters dergestalt vergrößern, daß $2\,de > dh$ ist und sie mithin die Entfernung an Ausdehnung übertrifft. Sollte sie dieser gleichen, so müßte, wie sich aus der obigen Formel leicht ergiebt, $\text{tang. } \varphi = \frac{dh}{dh + 0',03674}$. Setzen wir daher $dh = 1'$, so haben wir $\varphi = 43^0\ 58'$.

Wir haben bisher vorausgesetzt, daß alle successiven Stellen der Netz- 1101
haut, auf welche die Bilder äußerer Gegenstände bei dem directen oder indirecten Sehen fallen, ein vollständiges Auffassungsvermögen besitzen. Allein eine genauere Untersuchung lehrt, daß dieses nicht allgemein der Fall ist. Bedienen wir uns wieder des in §. 1097 erwähnten Horopterkreises, pflanzen eine Stecknadel bei 112^0 oder 113^0 auf und fixiren die bei 90^0 befindlichen Stäbe mit unserem linken Augapfel, nachdem wir den Drehpunkt desselben auf die in §. 1012 geschilderte Art mit dem Mittelpunkte der Kreisbogen identificirt haben, so erscheint uns das Bild der bei 102^0 stehenden Nadel weit undeutlicher als das einer anderen, die sich z. B. bei 110^0 oder 120^0 befindet. Noch unkenntlicher wird sie bei 103^0, wenn die

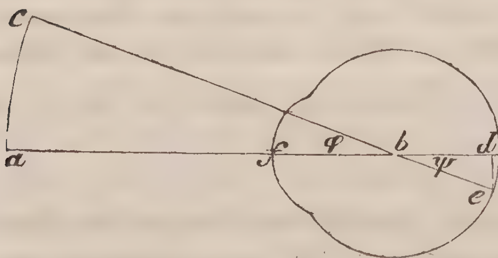
Fig. 164.



Höhe derselben 2 bis 2,1 Centimeter und der Radius ihres Abstandes 24,2 Centimeter beträgt. Gleicht aber ihre Länge nur 1,75 Centimeter, so verschwindet sie dann gänzlich aus dem Gesichtsfelde. Dieselbe Erscheinung erhält sich, wenn sie bei 104°, 105°, 106°, 107° eingesetzt wird. Bei 108° tritt ein unvollständiges Nebelbild auf. Es wird bei 109° stärker und verhält sich bei 110° wie eine indirecte Gesichtswahrnehmung. Wir haben also nach außen von der Verlängerung der Augenachse, d. h. der Kreuzung wegen nach innen von dem hinteren Ende derselben eine Stelle, welche keine äußeren Bilder auffaßt. Sie steht von der Augenachse ungefähr 13° bis 18° ab. Pflanzt man die Nadel in der gleichen Entfernung nach innen von der Augenachse auf, also zwischen 72° und 77°, so erscheint sie immer bei dem indirecten Sehen auf das deutlichste. Es versteht sich von selbst, daß sich die Verhältnisse für das rechte Auge geradezu umkehren.

1102 Bestimmen wir aber diese Winkelgröße genauer, so kann ich für mein linkes Auge annehmen, daß eine Nadel von 1,75 Centimeter Länge, wenn die Horizontalebene der Augenachse ungefähr gerade durch ihre Mitte hindurchgeht, bei 13° bis 17°,5 äußerer Abweichung von der Augenachsenverlängerung vollkommen unsichtbar wird. Gesetzt nun, ad sei die letztere,

Fig. 165.



d ihr hinteres Ende, $\varphi = \psi$ der genannte Winkel und b der Kreuzungspunkt der Richtungslinien, so haben wir, da bde = 90°, de = bd tang. φ. Es war aber bd für mein linkes Auge nach §. 1098 = 4‴,731. Wir erhalten daher

$\varphi = 13°$ bd = 1‴,0922

$\varphi = 17°,5$ bd = 1‴,4916.

Es muß daher diejenige Ausdehnung der Netzhaut, welche 1‴,0922 bis 1‴,4916 nach innen von dem Centrum des gelben Fleckes liegt und eine Breite von 0‴,3994 hat, für die Auffassung äußerer Bilder unempfindlich sein.

Nach den genaueren Messungen, welche in §. 1039 angeführt worden und die Augen einer 50jährigen Frau und eines 30jährigen Mannes betrafen, glich die Entfernung des Mittelpunktes des Markhügels oder der Eintrittsstelle des Sehnerven von dem hinteren Ende der Augenachse 1‴,5 bis 1‴,6, also im Durchschnitt 1‴,55. Der Durchmesser des ersteren be-

trug 0''',95 bis 1''',2, mithin durchschnittlich 1''',075. Es stand daher die äußere Hälfte des Colliculus N. optici von dem Centrum des gelben Fleckes $1''',55 - \frac{1,075}{2} = 1''',0125$ bis 1''',5 ab. In sie muß also die oben erwähnte unempfindliche Stelle fallen. Sie nimmt aber nicht, wie sich von selbst ergiebt, die ganze Eintrittsstelle des Sehnerven, sondern nur $\frac{1''',55}{0''',3994}$ oder ungefähr ¼ derselben ein. Gleicht aber die unempfindliche Netzhautstelle 0''',3994 oder ungefähr ⅖ Linie und erinnern wir uns, daß gerade an ihr die Arteria und Vena centralis retinae durchgeht und sich unmittelbar darauf in drei oder mehrere Aeste spaltet, so finden wir die Ursache des Verschwindens der Gesichtsobjecte bei 13° bis 17°,5 äußeren Abstandes von der Augenachsenverlängerung in diesen undurchsichtigen Blutgefäßen, welche die Lichtstrahlen von der eigentlichen Netzhaut oder ihren Durchbohrungslöchern abhalten Es ist daher nicht die gesammte Eintrittsstelle des Sehnerven, wie noch in den meisten physikalischen Lehrbüchern angegeben wird, sondern nur ein aliquoter Theil derselben und zwar derjenige, welcher von den undurchsichtigen stärkeren Gefäßstämmen durchsetzt wird, für äußere Eindrücke blind.

Der Erste, welcher diese interessante Erfahrung machte, war Mariotte (1683). Da er den Sitz des Sehens in der Choroidea suchte, so nahm er an, daß die Bilder dann verschwinden, wenn sie auf die von dem Sehnerven durchbohrte Stelle der Aderhaut des Auges auffallen. Allein schon die französischen Akademiker jener Zeit bezogen die Erscheinung auf die Gefäße, welche sich an der Innenfläche der Netzhaut verbreiten. Daniel Bernoulli [1]) fand zuerst durch Berechnung, daß der kleine Kreis der unempfindlichen Stelle der Netzhaut mit der Eintrittsstelle des Sehnerven coincidire. In neuerer Zeit reducirten einzelne Forscher, wie Rudolphi, Volkmann das Phänomen mit Recht auf die Arteria centralis retinae und nicht auf die ganze Eintrittsstelle des Sehnerven.

Die Wahrheit dieser Ansicht läßt sich noch durch eine andere Modification des Versuches erhärten. Man klebt sich eine gefärbte Oblate von 2 Centimeter Durchmesser auf ein hinreichend großes ebenes Stück Pappendeckel und bezeichnet sich das Centrum derselben durch einen eingedrückten schwarzen Punkt, der noch hinreichend groß ist, um aus einer gewissen Ferne deutlich erkannt zu werden. Nun befestigt man in einem horizontalen Abstande von 13 Centimeter eine zweite Oblate, deren Rand geradlinigt abgeschnitten ist, nach außen von dieser eine dritte und so fort, bis diese zusammen eine Breite von 6,7 Centimeter haben. Endlich wird noch 3—4 Centimeter weiter nach außen eine isolirte Oblate angebracht. Man fixirt alsdann den bezeichneten Centralpunkt der ersteren dergestalt, daß er in die Verlängerung der Augenachse fällt und entfernt sich so weit, daß zwar die äußerste isolirte Oblate, nicht aber die mittlere mehrfache Reihe derselben gesehen wird. Der Versuch gelingt am besten, wenn diese nicht in einer Horizontallinie mit dem bezeichneten Mittelpunkte der ersten Oblate, sondern etwas tiefer stehen. Um aber die Entfernung jenes Centrums vom Auge zu messen, dient entweder ein Maaßstab, der gleichzeitig mit dem Bulbus mittelst eines Fernrohres visirt wird, oder einfacher ein Pendel, dessen Länge man direct bestimmt. Hierbei findet sich, daß dieser Abstand kein ganz fixer ist, sondern in einer verhältnißmäßig geringen Längenausdehnung hingeht. Für mein linkes Auge ergaben sich in diesem Falle af Fig. 165 = 59 Centimeter = 261''',54. Da nun nach §. 1012 fb = 5''',29, so haben wir ab = 266''',83. Es ist aber der Voraussetzung nach ac = 13 bis 19,7 Centimeter = 57''',628 bis 87''',330.

---

[1]) Commentarii Academiae scientiarum Imperialis Petropolitanae. Tomus. I. Petropoli, 1728. 4. p. 314—17.

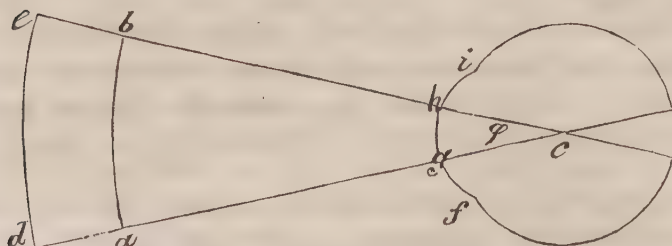
Da nun tang. $\varphi = \frac{a\,c}{a\,b}$, so erhalten wir $\varphi = 12^0\ 11'\ 14''$ bis $18^0\ 7'\ 21''$. Für ef ergiebt sich 1''',0218 bis 1''',5484. Die Breite der empfindungslosen Netzhautstelle betrüge hiernach 0''',5266 oder ½ Linie. Man sieht leicht, daß dieser Versuch, bei welchem 19,7 die Maximalbreite darstellt, trotz seiner Rohheit noch Resultate giebt, die mit den früheren befriedigend stimmen. Will man die Verhältnisse allgemeiner ausdrücken, so läßt sich behaupten, daß der Abstand des direct gesehenen Punktes vom Auge $\frac{59}{13} = 4{,}54$ bis $\frac{59}{19{,}7} = 3{,}03$ so groß sein muß, als die Distanz des ersteren von demjenigen Punkte, welcher aus dem indirecten Gesichtsfelde verschwinden soll.

Umfaßte die Empfindungslosigkeit die ganze Eintrittsstelle des Sehnerven, so würde de Fig. 165 = 155 + 1''',075 = 2''',625 sein. Es wäre mithin tang. $\varphi = \frac{2{,}625}{4{,}731} = 29^0\ 1'\ 26''$. Man kann sich aber an dem Gesichtskreisbogen leicht überzeugen, daß Nadeln, die nur in 20° oder 25° äußerer Distanz von der Verlängerung der Augenachse aufgepflanzt sind, sehr gut indirect aufgefaßt werden. Ist man auf diese Weise angewiesen, die Blutgefäße als die Ursache der Unempfindlichkeit jener Retinastelle anzusehen, so bezieht sich diese Thatsache zunächst auf die Orte, an welchen sie die Netzhaut durchbohren und vor der sie dann ⅖''' einnehmen.

1103 Indem jedes Auge mittelst seiner geraden Muskeln die Fähigkeit hat, sich horizontal, senkrecht und in beliebigen, schiefen Richtungen zu drehen, wird auch die Größe des deutlichen Sehens in einem entsprechenden Bogen herumgeführt, der sich mit dem Radius der Entfernung vergrößert. Die Quantität dieser Bewegung läßt sich am leichtesten an dem in Fig. 164 abgebildeten Gesichtskreisbogen messen, indem man wieder den Drehpunkt des Auges mit dem Mittelpunkte des Apparates identificirt und dann sieht, bis zu welchem Grade hin Nadeln bei der Fixation des Kopfes und Wälzung des Bulbus sichtbar bleiben. Meine Augen ergaben in dieser Hinsicht in horizontaler Direction 110° — 112°, in senkrechter dagegen nur ungefähr 100° — 103°. Das erstere stimmt mit den Erfahrungen von Th. Young, welcher ebenfalls 110° für die Ausdehnung des Horopters eines bewegten Auges annimmt. Nach Purkinje [1]) dagegen würde dieser Werth 150° bis 160° betragen. Hiervon kämen auf die Drehung nach innen 60°, auf die nach außen 90° — 100°. Dem letzteren entsprechend liegt auch die Pupille nicht genau in der Mitte der Iris, sondern etwas weiter nach innen.

1104 Nach diesen Thatsachen können wir wiederum leicht die Kreisbogen berechnen, die ein Auge bei seinen möglichen Bewegungen zu durchlaufen im Stande ist. Denn gesetzt, ab und de seien die beiden Bogenstücke, c der Drehpunkt des Auges, ca u. cd die entsprechenden Halbmesser, fghi der Durchschnitt der Hornhaut und ga und gd die correspondirenden Entfernungen von den-

Fig. 166.



1) S. Th. v. Sömmerring Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Umgearb. u. beendigt von Huschke. Leipzig, 1844. 8. S. 699.

selben, so finden wir, wenn wir den Winkel acb = dce = φ und die Größe der Peripherie des Kreises = p setzen, $360^0 : \varphi = p : ab$, mithin $ab = p \cdot \frac{\varphi}{360}$. Da nun aber $p = 2 \cdot ac\pi$ oder $2\,dc \cdot \pi$ ist, so erhalten wir $ab = 2\,ac\,\pi\,\frac{\varphi}{360}$ oder $\varphi = 2\,dc\,\pi\,\frac{\varphi}{360}$. Wir haben also hier $\frac{\pi\varphi}{180}$ als constanten Coefficienten.

Nehmen wir an, daß φ für die horizontale Drehung = 110°, für die senkrechte dagegen 100° ist, so erhalten wir für die Größe des Gesichtskreisbogens bei 4 Zoll und 4 Meilen Entfernung und 0',03674 Abstand der Hornhaut von dem Drehpunkte des Auges folgende Werthe:

In pariser Fuß ausgedrückte Größe		
der Entfernung.	des Horopterbogens bei möglichst stark bewegtem Auge in den Grenzen des deutlichen Sehens. In horizontaler Richtung φ = 110°.	In senkrechter Richtung φ = 100°.
⅓	0',7105 (= 8'',626)	0',6459 (= 7'',751)
⅔	1',3504	1',2276
1	1',9901	1',8094
10	19',266	17',517
100	192',03	174',60
1000	1920',3	1745',4
12000	23043'	20944'
96000	184346'	167552'

Es versteht sich von selbst, daß diese Berechnungen nur unter der Voraussetzung gelten, daß der Mensch, wenn er direct sieht, seine Augenachse in einem horizontalen Bogen von 110° und einem senkrechten von 100° zu wenden im Stande ist. Da übrigens die Maxima dieser Drehungen des Bulbus mehr als die Wendung des Kopfes anstrengen, so lassen wir die letztere im gewöhnlichen Leben in der Regel eher eintreten, als daß wir die möglichste Kraftanstrengung der Recti versuchen.

Der Einfluß der Aufmerksamkeit modificirt übrigens die Auffassung 1105
der Bilder, welche innerhalb des Gesichtskreises fallen, auf eine wesentliche Weise. In der Regel fixiren wir bei scharfem Sehen nur diejenigen Gegenstände, deren Richtungsstrahlen durch unsere Augenachse gehen und auf die Mitte des gelben Fleckes und des Centralloches auffallen. Diese Stelle bildet daher den vorzugsweisen Hebel der Gesichtseindrücke. Wir müssen sie uns jedoch nicht etwa als einen mathematischen Punkt, sondern als einen sehr kleinen Raum vorstellen, so daß wir immer selbst bei der aufmerksamsten Betrachtung eine gewisse Fläche zugleich sehen und daher complicirtere Bilder in demselben Momente auffassen. Ein gesundes Auge percipirt z. B. leicht bei dem Lesen einer Schrift, welche 12 Zoll von der Hornhaut absteht, so viel Lettern auf einmal, daß die Breite derselben

2 Linien beträgt. Setzen wir nun den Abstand des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Hornhaut = 5''',29 und den derselben Stelle von der Mitte des gelben Fleckes = 4''',731, so erhalten wir für diesen Fall einen Gesichtswinkel von 0° 46' 2''. Die Größe des entsprechenden Netzhautbildes gleicht $\frac{2 \times 4{,}731}{144 + 5{,}29} = 0''',06338$ oder ungefähr $\frac{1}{16}$ der Peripherie des gelben Fleckes. Die in Thätigkeit gesetzte Stelle der Retina dehnt sich mithin nur $\frac{1}{32}$ Linie jederseits von dem mathematischen Endpunkte der inneren Augenachse aus. Auf solche Weise gewinnt unser Gesichtsorgan an Schnelligkeit des Ueberblickes, ohne daß es an Deutlichkeit verliert.

1106 Welches Quantum von Bildern aber auf diese Art zur Anschauung komme, hängt theils von der Beschaffenheit derselben, theils von dem Grade unserer Aufmerksamkeit ab. Sind jene zu zahlreich oder enthalten sie zu mannichfache Details, so würde uns die simultane Assimilation Aller verwirren. Wir beschränken uns daher lieber auf einzelne Punkte, die wir nach und nach unserem Geiste vorführen. Dieses ist auch die Ursache, weshalb wir bei dem gewöhnlichen aufmerksamen Sehen kleiner feiner Gegenstände nicht nur von den indirecten Bildern, sondern auch von solchen, die selbst auf den Sömmerring'schen Fleck und sogar noch die Peripherie des Centralloches auffallen, abstrahiren. Drängen sich dann viele Einzelnheiten in einen kleinen Raum zusammen, so schwankt nicht selten die Aufmerksamkeit von Stelle zu Stelle. Auf diese Weise ruht dann unser Blick bei dem Anschauen einer Sternzeichnung, einer feinen Stickerei, einer Arabeske u. dgl. bald auf dem einen, bald auf dem andern Theile und taumelt gleichsam, indem das Bemühen einer möglich genauen Fixation mit der Nähe der einzelnen Bilder in Wettstreit tritt. Wenn wir dagen weniger genau sehen, so wird hierdurch eine größere Mannichfaltigkeit der gleichzeitigen Auffassung möglich. Diese Bedingung findet am leichtesten bei dem gedankenlosen Blicke, vorzüglich in die Ferne, ihre Erfüllung. Daher dann auch die Ausdehnung unseres directen Horopters größer als unter den zuerst genannten Verhältnissen erscheint. Ein Schritt weiter und ein tiefes Denken beschäftigt uns dergestalt, daß wir weder directe, noch indirecte Bilder bestimmt auffassen und mit offenen Augen möglichst wenig wahrnehmen.

1107 Das Verschwinden der seitlich von dem hinteren Endpunkte der Augenachse auffallenden Bilder wird aber auch durch die Intensität des Eindruckes, welchen sie hervorrufen, bestimmt werden. Legen wir z. B. kleine Stückchen farbigen Papiers auf ein weißes Blatt dergestalt auf, daß das eine in der Mitte, die übrigen in einem Kreise liegen, und fixiren das centrale anhaltend, so werden die peripherischen nach und nach undeutlicher und schwinden endlich momentan gänzlich aus dem Gesichtskreise, nachdem sich vorher eine Art von Nebelwallen erzeugt hat. Dieses letztere dauert noch fort, wenn man selbst dann die Papierstückchen hinwegbläst [1]). Allein das Phänomen tritt bei gelber Färbung der betrachteten

[1]) J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie des Sehens. Bd. I. Prag, 1819. 8. S. 76 – 78.

Gegenstände früher als bei schwarzen ein, weil dann der Contrast gegen den weißen Hintergrund größer ist [1]).

Ist unsere Aufmerksamkeit nicht zu sehr auf diejenigen Objecte, 1108
welche in der Verlängerung unserer Augenachse liegen, gefesselt, so nehmen wir nicht selten indirecte Bilder wahr. Allein die Unbestimmtheit, unter welcher sie uns erscheinen, führt uns häufig zu irrigen, phantastischen Deutungen. Solche Täuschungen kommen am leichtesten zu Stande, wenn sich das indirect aufgefaßte Object bewegt. Auf diese Weise halten wir z. B. eine Fliege, die, während wir lesen, seitlich vorbeischwebt, für eine Maus, welche am Fußboden läuft.

Durch angestrengte Aufmerksamkeit lassen sich seitlich von der Augen- 1109
achse auffallende Bilder, je nach der Größe ihrer Entfernung von derselben mit einem verschiedenen Grade von Deutlichkeit klar auffassen. Wir bemühen uns z. B. zu diesem Ziele zu gelangen, wenn wir scheinbar gerade vor uns sehend, seitliche Gegenstände zu belauschen suchen. Einzelne Menschen erlangen hierbei durch Uebung einen solchen Grad von Fertigkeit, daß sie noch ein schon ziemlich indirectes Sehen überraschend gut aufzufassen im Stande sind.

Es versteht sich von selbst, daß sich mechanische oder organische Hindernisse, welche die empfindenden Theile der Netzhaut treffen, in dem Gesichtsfelde des Menschen zu erkennen geben werden. Nehmen wir z. B. an, ein Venenstämmchen in dem unteren und linken Quadranten der indirecten Auffassungsorte der Retina sei dergestalt varicös, daß es die Netzhaut in irgend einer Ausdehnung den Lichtstrahlen unzugänglich macht, so werden Bilder, welche auf entsprechende Weise in den oberen und rechten Quadranten der Gesichtsfläche fallen, unsichtbar sein. Denselben Erfolg müssen Ausschwitzungen, wie sie nach Entzündungen der Choroidea, bei unvollständigem Glaucom vorkommen, haben. Aus diesem Grunde besitzt auch die Gegend des gelben Fleckes, wenn man einige mittlere Stämmchen ausnimmt, fast gar keine größeren Blutgefäße. Ist die eine Hälfte der Macula lutea und ihrer Umgebung aus irgend einer Ursache gelähmt, so fällt die entgegengesetzte Parthie des Gesichtskreises aus. Der Mensch sieht nur die Hälfte der früheren Ausdehnung. Es entsteht eine sogenannte Amaurosis dimidiata. Hierbei braucht natürlich die Paralyse nicht die ganze halbe Netzhaut, sondern nur den wichtigsten aliquoten Theil, welcher in der Nachbarschaft des Centralloches liegt, zu umfassen, weil der größte Theil der Retina bei dem Sehen gar nicht in Anspruch genommen wird.

Das Bild der Gegenstände, welches auf die Netzhaut fällt, ist aus 1110
dioptrischen Ursachen (§. 1040) in jeder Beziehung umgekehrt, d. h. ein oberer Punkt desselben erscheint unten und ein linker rechts. Da wir nun in der Wirklichkeit keinen Widerspruch der Art wahrnehmen, vielmehr die einzelnen Theile der Gegenstände an denselben Orten, an denen wir sie durch das Gefühl percipiren, erblicken, so muß jenes dioptrische Verhältniß durch ein physiologisches corrigirt und aufgehoben werden. Es entsteht auf diese Art die Frage, warum wir die Objekte trotz der Umkehrung ihrer Bilder auf der Retina aufrecht sehen und mit ihren wahren, nicht aber ihren entgegengesetzten Seitenbeziehungen durch unser Auge empfinden.

Die Beantwortung dieses Problemes ist auf verschiedene Weise ver- 1111
sucht worden. 1) Man nahm an, daß wir die Dinge allerdings verkehrt

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. II. S. 370.

erblicken, daß aber diese Täuschung deshalb nicht zum Bewußtsein komme, weil sie sich eben über alle sichtbaren Gegenstände ausdehne. Wir erfahren sie so wenig, als die Umdrehung der Erde, bei welcher wir selbst und alle uns umgebenden Objecte gleichförmig fortbewegt werden. Obgleich diese Ansicht bis auf die neueste Zeit vertheidigt worden [1]), so ergiebt sich doch leicht, daß sie unmöglich richtig sein kann. Soll nämlich keine Verwirrung entstehen, so müssen auch die anderen Sinne analoge, d. h. umgekehrte Anschauungen liefern. Abgesehen nun von den in dieser Beziehung minder definitiven Mittheilungen des Gehörorganes findet etwas der Art bei dem Tastgefühle nie Statt. Unser Finger erhält auch einen oberen oder unteren Eindruck von einem Punkte, der in unseren Gesichtseindrücken oben oder unten erscheint. Höchstens entsteht eine seitliche Umkehrung, wenn wir uns bei der Bestimmung seiner und unserer Richtung in die entgegengesetzten Lagen der beiden in Contact kommenden Vorderflächen versetzen.

2) Andere, welche ebenfalls die Wahrheit des Principes des Verkehrtsehens zugeben, suchen die Correction in den Muskeln, die den Augapfel bewegen. Hiernach nehmen wir allerdings einen oberen Gegenstand unten wahr. Allein da wir den Rectus superior und nicht den inferior zusammenziehen müssen, um einen noch höheren Punkt zu erblicken, so verbessern wir auf diese Art allmälig den Fehler, welcher ursprünglich durch unser Gesichtsorgan bedingt wird, durch Erziehung und Uebung [2]). Hiernach wäre erst das Aufrechtsehen nach und nach zu lernen, wie wir dieses in der Folge in Betreff der Schätzung der Entfernungen finden werden. Während sich aber allerdings von dem letzteren deutliche Spuren bei dem Kinde vorfinden, existirt auch nicht eine einzige Thatsache, die nur im entferntesten vermuthen ließe, daß je ein Säugling verkehrt sehe. Dieses müßte auch bei Personen, welche von Geburt erblindet, später operirt worden, bei Blödsinnigen, Kretins u. dgl. mehr oder minder eintreten; was aber allen sicheren und vorurtheilsfreien Erfahrungen nach nie der Fall ist. Ueberhaupt widerspricht die ganze Voraussetzung, daß die Natur eine solche Unvollkommenheit wie das Verkehrtsehen in unserem Körper gelassen habe, den vielfachen anderen unendlich weisen Anordnungen derselben, welche noch viel größere Schwierigkeiten überwinden.

3) Indem man die Netzhaut als eine Kugel betrachtet, wird angenommen, daß jeder Punkt des Retinabildes in einer Richtung gesehen wird, welche auf der durch jenen Ort gelegten Tangente senkrecht ist. Diese Perpendikel müssen sich daher, wie schon §. 1047 erwähnt worden, in dem Drehpunkte des Auges schneiden und mithin in ihrer Verlängerung außerhalb des Auges nach der entgegengesetzten Seite von der, an wel-

[1]) Siehe z. B. J. F. W. Herschel vom Licht. Aus dem Englischen übersetzt von J. C. E. Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 159. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 357. 58.

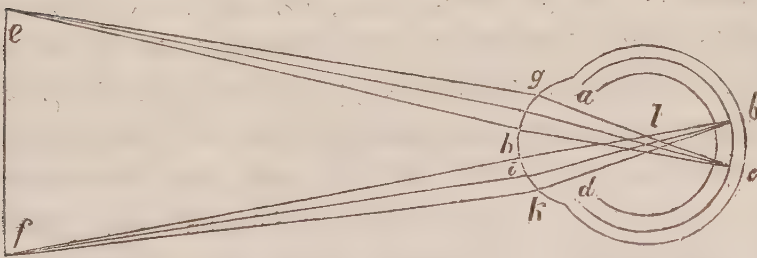
[2]) J. H. Steinbuch Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 15. A. A. Berthold über das Aufrechtsehen der Gesichtsobjecte. Göttingen, 1830. 8.

cher sie von der Netzhaut ausgegangen, liegen [1]). Gegen diese Auffassung der Sache läßt sich zunächst einwenden, daß man die Gründe des Axiomes, daß die Gesichtsrichtung auf der Tangente des Berührungspunktes der Netzhaut senkrecht stehe, nicht einsieht und daher etwas Unbekanntes durch ein anderes Unbekanntes erklärt. Ueberdies wird sich später ergeben, daß ein solches Theorem nur für das einfache Sehen, nicht aber für das durch isolirte Zerstreuungskreise richtig ist.

4) Man stellt sich vor, daß eine abermalige Umkehrung des Bildes mittelst der Anordnung der Nervenfasern der Retina oder des Gehirns Statt findet und auf diese Art reell aufrecht gesehen, obgleich unmittelbar umgekehrt aufgefaßt wird. Eine solche Hypothese könnte wahr sein. Allein bis jetzt fehlen alle sicheren anatomischen Belege dafür. Bedenkt man aber, daß es wohl nie möglich sein wird, den speciellen Gang der einzelnen mikroskopischen Primitivfasern genau genug von der Netzhaut bis zu ihren centralen Anfängen im Gehirne zu verfolgen, so muß man zugeben, daß gerade diese Vorstellung der Natur der Sache nach für immer einer definitiven Kritik entgehen wird. Endlich

5) setzt man voraus, daß man in derselben Richtung aus dem Auge heraussieht, in welcher die Strahlen hineinkommen oder richtiger gesagt, in der sie in die Netzhaut eindringen. Der letztere Punkt ist von wesentlicher Bedeutung. Denn oft genug weichen diese Gesichtslinien von den Richtungslinien der Lichtstrahlen bedeutend ab. Um uns aber diese Hypothese anschaulicher zu machen, wollen wir uns den Proceß des Sehens specieller versinnlichen. Unsere Netzhaut läßt, wie jeder transparente Körper, ein Quantum von Lichtstrahlen durch sich hindurch. Diese müssen in sie eindringen, weil die den Reiz fortleitenden Theile der Retina erst in der Tiefe ihrer Substanz liegen. Nehmen wir nun der Uebersichtlichkeit wegen eine einfache Brechung im Auge an, so wird ein Kegel von Lichtstrahlen egh von dem leuchtenden Punkte e ausströmen, bei gh seine Brechung erleiden und, sobald er deutlich wahrgenommen werden soll, in den entgegengesetzt gerichteten Conus gch übergehen, dessen Spitze c in das Innere der Netzhaut fällt. Für den Punkt f wird in Betreff fik und ibk das Gleiche Statt finden. Beiderlei Lichtkegel müssen sich aber in dem Punkt l, welcher, wenn man sie sich unendlich dünn vorstellt, mit dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien zusammenfällt, durchschneiden. Ist nun die Retina, wie wir uns denken müssen und zum Theil vorzu-

Fig. 167.



[1]) Bartels Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Berlin, 1834. 4. D. Brewster Populäres vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Hartmann. Leipzig und Quedlinburg, 1835. 8. S. 79. 80.

stellen genöthigt sind, so beschaffen, daß die sie treffenden Lichtwellen in ihr entsprechende Nervenätherschwingungen erzeugen, so werden diese nothwendig nicht bloß von der Zahl, sondern auch von der Richtung der Lichtstrahlen, welche die Kegel gch und ibk darbieten, bestimmt werden. Bedenken wir aber, daß die Wahrnehmung darin besteht, daß wir die Empfindung von unserer Netzhaut oder unserem Gehirn aus nach außen versetzen, so muß dann die Perception von b, indem bei l eine Durchkreuzung Statt findet, nach unten, die von c nach oben geführt werden. Das umgekehrte Bild wird daher dadurch aufgehoben, daß die Retina zugleich von der Richtung der einströmenden Lichtwellen afficirt wird und den Eindruck demgemäß in einer mittleren entsprechenden Direction nach außen leitet.

1112 Die subjectiven Gesichtserscheinungen unterstützen diese Voraussetzungen. Drücken wir die Sclerotica und mithin auch die Retina an ihrer äußeren Hälfte, so sehen wir die Feuererscheinung, welche dadurch entsteht, nach innen auftreten. Bei dem Drucke von unten erfolgt sie oben, von rechts links und umgekehrt. In gleicher Weise verschieben sich die äußeren sichtbaren Gegenstände, sobald eine einseitige Pression auf den Bulbus ausgeübt wird.

Eine andere Beobachtung, die man zum Theil als einen Beweis für das wahre Verkehrtsehen anführte, gehört nicht hierher. Drückt man nämlich den Bulbus und mithin auch die Netzhaut, während man gleichzeitig einen vorgehaltenen Finger betrachtet, so sieht man zwei Bilder, die an entgegengesetzten Seiten liegen [1]). Verfolgt man das Phänomen specieller, so bemerkt man, daß der Ort des Scheinbildes von der Nähe oder Ferne des Gegenstandes abhängt. Liegt dieser bei einem kurzsichtigen Auge zu nahe, so zeigt sich das Trugbild an derjenigen Seite des Objectes, an welcher der Druck Statt findet. Es stellt sich dagegen bei größerer Entfernung des Gegenstandes an der entgegengesetzten Seite dar. Dieser Versuch wird später durch die Betrachtung des Doppelsehens mit einem Auge seine Erläuterung finden. Wir werden dann finden, daß er auf dioptrischen Verhältnissen, nicht aber auf Eigenthümlichkeiten der Auffassung beruht.

1113 Wäre die Oberfläche der Netzhaut, welche das Bild auffängt, rein sphärisch, und hätte die Retina keine zu berücksichtigende Dicke, so könnten nur solche Gegenstände auf ein Mal deutlich gesehen werden, die in einem Kreisbogen lägen, dessen Radius dem Anpassungsvermögen der Netzhaut entspricht und dessen Mittelpunkt in dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien liegt. Da sie aber eine gewisse Dicke, die sich mit der Entfernung von der Augenachse etwas vermindert, besitzt und die Gegend des gelben Fleckes, insbesondere das Centralloch nach seiner Mitte hin allmälig abfällt, so erlangt hierdurch der Bezirk des Sehens, vorzüglich aber der deutlichen Auffassung eine größere Vollständigkeit in die Tiefe, als unsere optischen Apparate, welche mehr auf lineare Flächenausdehnungen beschränkt sind, gestatten. Es wird auf diese Weise eine körperliche oder perspectivischere Anschauung möglich.

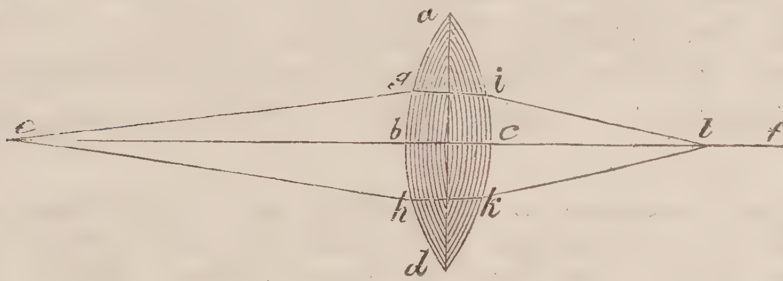
1114 Bezeichnen wir die Verbindungslinie des Ortes der Sichtbarkeit eines leuchtenden Punktes mit dem Netzhautbilde desselben mit dem Namen der **Gesichtslinie** oder der **Sehlinie**, während wir die von seiner reellen Stelle nach dem

---

[1]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 358.

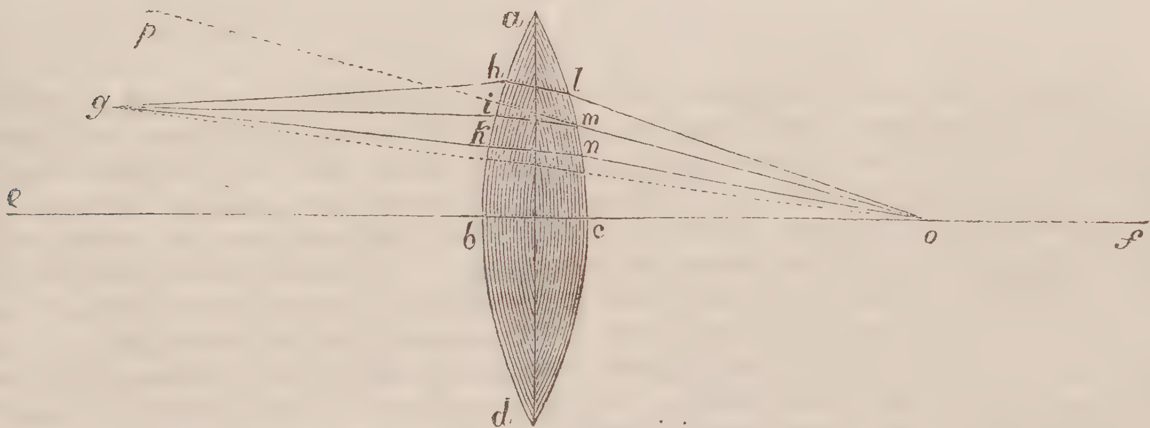
Retinabilde gezogenen Grade, wie wir dieses bisher gethan, als Richtungslinie anführen, so läßt sich leicht zeigen, daß beide nur unter gewissen Bedingungen zusammenfallen, nicht aber in allen Fällen identisch sein können. Denn denken wir uns, alle Refractionszustände des Auges seien in der Linse abdc concentrirt und ef bilde ihre Achsenverlängerung, so wird ein leuchtender Punkt e den Lichtconus egh aussenden.

Fig. 168.



Der mittlere Strahl desselben eb geht ungebrochen in bcl durch. Dagegen verfolgt der äußerste eg die Bahn gil und eh die von hkl. Die Retina wird daher in den Richtungen il und kl afficirt, und die Gesichtslinie resultirt deshalb als die Diagonale lcbe, d. h. e wird an seinem wahren Orte gesehen. Wenn sich aber der leuchtende Punkt g außerhalb

Fig. 169.



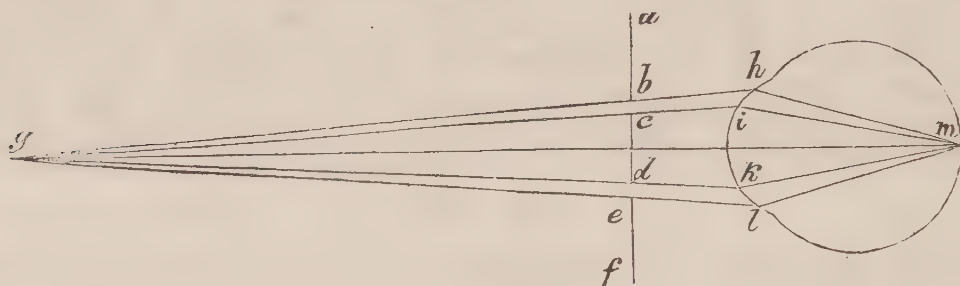
der Achsenverlängerung ef der Linse abcd befindet, so wird schon sein Mittelstrahl gi schief in der Bahn gimo abgelenkt. Die äußersten gh und gk verfolgen die Wege hlo und kno. Die in lo und no afficirte Retina versetzt den Eindruck in op, d. h. die Gesichtslinie op ist eine andere als die Richtungslinie og.

Drücken wir das Verhältniß allgemeiner aus, so werden die Sehlinie und die Richtungslinie nur dann zusammenfallen, wenn die Strahlen Achsenstrahlen oder centrale Strahlen sind, sonst dagegen nicht identisch sein können, sondern im Gegentheil um so mehr auseinander treten, je mehr die einfallenden Lichtwellen die Natur der Randstrahlen annehmen. Nun haben wir früher gesehen, daß wir bei jeder einfachen sphärischen Linse, die eine Oeffnung von 10° bis 12°, ja selbst 15° hat, alle eintretenden Strahlen ohne wesentlichen Irrthum als Achsenstrahlen ansehen können. Bei polyzonalen Linien mit geeigneten Krümmungsverhältnissen steigert sich die Möglichkeit der Oeffnungsgröße auf 40°. Es entsprach aber die Ausdehnung des gelben Fleckes einem Winkel von nahe an 6°.

Nach diesen Thatsachen leidet es keinen Zweifel, daß unsere Gesichtslinien mit den Richtungslinien in dem Bezirke des deutlichen Sehens zusammenfallen müssen und wir auch die einzelnen leuchtenden Punkte aller Gegenstände, die wir direct auffassen, an ihrem Orte wahrnehmen, d. h. daß uns die Objecte selbst dann in ihrer natürlichen Größe erscheinen. Bei Bildern dagegen, welche dem indirecten Gesichtskreise angehören, würde dieses nicht der Fall sein. Allein möglicher Weise kann hier selbst der geschichtete Bau der Krystalllinse den Fehler, sofern er eintreten muß, bedeutend verkleinern.

Diese Auffassungsweise der Bestimmung der Gesichtslinien durch die Richtung der unmittelbar aus dem Glaskörper in die Netzhaut eindringenden Lichtwellen erklärt uns auch manche sonst räthselhafte Momente des Scheiner'schen Versuches. Sind z. B.

Fig. 170.



b c und d e die beiden Oeffnungen des vor das Auge gehaltenen Papiers und g ein Gegenstand, der innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite liegt, so wird der Hauptlichtkegel desselben g c d durch c d abgefangen. Der seitliche Kegel g b c dagegen dringt durch b c durch, wird in b h und c i fortgeführt und gelangt mit fernerer Brechung als h m und i m auf die Netzhaut. Eben so verfolgen die Strahlen g d und g e, welche durch d e durchdringen können, die Bahnen d k m und e l m. Da aber g in den Grenzen der natürlichen Sehweite liegt, so müssen h m, i m, k m und l m in dem einen Punkte m zusammentreten. Die dort befindliche Stelle der Retina wird in den Richtungen h m, i m, k m und l m afficirt, und die Gesichtslinie bildet daher die mittlere = m g, d. h. der Gegenstand g erscheint einfach und in seiner wahren Größe. Dieses Verhältniß ändert sich wahrscheinlich auf keine sehr wesentliche Weise, wenn die beiden Löcher b c und d e asymmetrisch von der Achsenverlängerung g m abstehen, so daß auch die Strahlenkegel h m i und k m l asymmetrisch werden, weil sie ihren Charakter als Achsenstrahlen wegen der Kleinheit der Pupille und der Oeffnungen des Papiers beibehalten.

Befindet sich dagegen das Object außerhalb, z. B. diesseits der Sehweite, so daß sich seine Strahlen g a und g b in dem Innern des Auges vor der Netzhaut bei e durchsetzen, später dagegen in e h, e c, e k und e l von neuem aus einander fahren, so empfängt die Retina m n den Zerstreuungskreis h i k l. Ueberschreitet nicht die Ausdehnung desselben jede Möglichkeit der Auffassung, so wird die Gesichtslinie des Punktes h die Verlängerung von h e, nämlich h c und die von l e die Linie l d sein. Der Gegenstand erscheint daher matter, aber vergrößert. Wird dagegen das doppelt durchlöcherte Papier a b c d e f bei

Fig. 171.

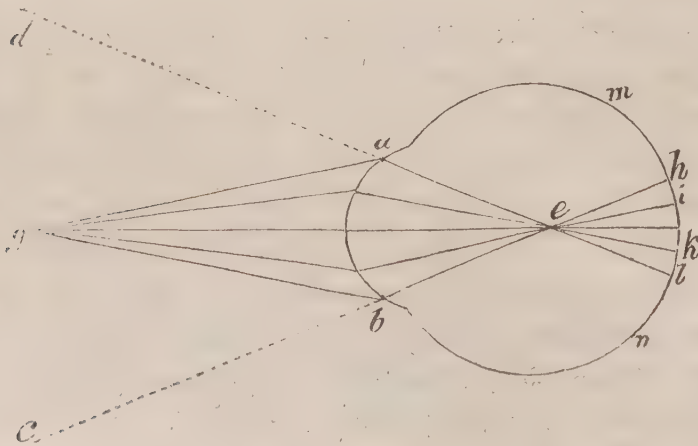
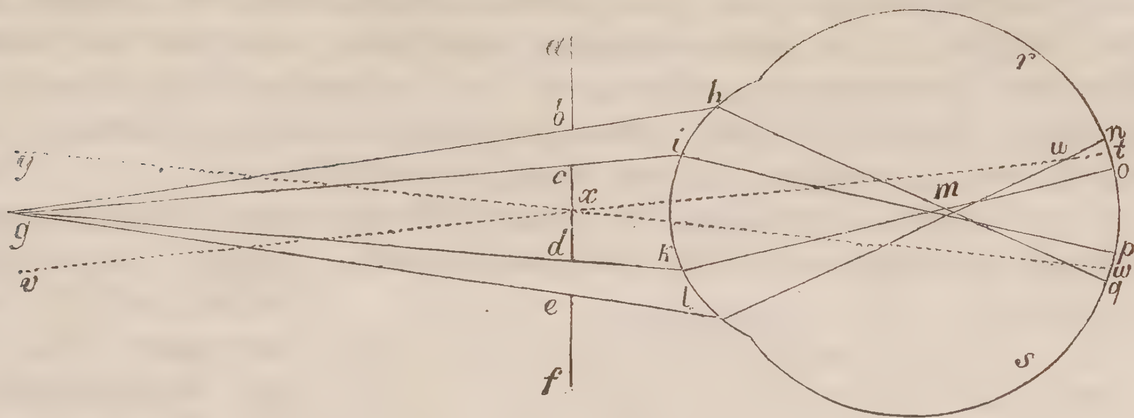


Fig. 172.



dem Scheiner'schen Versuche vorgeschoben, so wird durch cd der Strahlenkegel gcd und mithin auch der Theil mop des Zerstreuungskreises mnq abgefangen. Es kommen die beiden isolirten Zerstreuungskreise no und pq zum Vorschein und bedingen, sobald sie überhaupt die zur Auffassung nöthige Stärke besitzen, einen doppelten Eindruck. Nun wird die Retina bei o in der Richtung mo und unter dem Winkel mon, bei n unter mno afficirt. Die Gesichtslinie muß daher in der Mitte von no und in einem Winkel, der $= \frac{mno + mon}{2}$ ist, dahin gehen. Da nun aber mon ein stumpfwinkeliges Dreieck bildet und $\angle mon > \angle mno$, so wird die Sehlinie tv die Linie nm nothwendiger Weise durchschneiden. Aus den gleichen Gründen muß die Gesichtslinie wy durch mq hindurchgehen. Unter diesen Verhältnissen wird aber nothwendig der Punkt x, in welchem sich tv und uy durchschneiden, vor m und selbst vor dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien liegen. Jemehr die Netzhautbilder von einander abstehen, um so stumpfer werden die Winkel mon und mpq, um so weiter muß daher der Kreuzungspunkt x nach vorn rücken. Hieraus erklärt sich das scheinbar paradoxe Resultat, zu welchem Burow [1]) bei seinen Versuchen gelangt ist, daß nämlich der Kreuzungspunkt der Gesichtslinien bei dem Doppeltsehen mittelst des Scheiner'schen Versuches kein constanter ist, sondern sich um so weiter von der Netzhaut entfernt, je mehr die Retinabilder der isolirten Zerstreuungskreise von dem gelben Flecke abstehen. Sind sie von dem letzteren nur 0''',12 entfernt, so fällt der Kreuzungspunkt der Sehstrahlen schon 1''',5, bei einer Distanz von 0''',25 aber 8''',8 vor der Hornhaut, mithin außerhalb des Auges. Dieses interessante Phänomen giebt uns auf solche Art einen Beweis für die Richtigkeit der Ansicht, daß die Gesichtslinien durch die Eintrittsneigungen der Lichtstrahlen aus dem Glaskörper in die Netzhaut bestimmt werden.

Die Vorstellungen, die man sich von den Gesichtslinien machte, haben bis auf die neueste Zeit verschiedene Schicksale erlitten. Indem man unrichtiger Weise die Richtungslinien für alle Fälle mit den Sehlinien identificirte, stieß man natürlich bei den sämmtlichen Phänomenen, welche Randstrahlen oder Zerstreuungskreise betrafen, auf Widersprüche und verwarf gleichsam in der Verzweiflung die Existenz der Gesichtslinien überhaupt, indem man den Eindruck des Gesehenen von der Muskelwirkung der Augenmuskeln abhängig zu machen suchte [2]). Man sieht aber leicht, daß eine richtige Auffassung des Grundes der Gesichtslinien als der Einströmung der Lichtwellen in die Netzhaut nicht nur das Aufrechtsehen und die verschiedenen Arten des Sehens innerhalb und außerhalb der Grenzen der Sehweite befriedigend erläutert, sondern das Ganze auf bestimmte Gesetze zurückführt und nicht bloß der Zufälligkeit der individuellen Deutung anheimstellt.

Für die Beurtheilung der Größe der gesehenen Gegenstände 1115
bildet der Gesichtswinkel den nächsten und wichtigsten Factor. Wir haben

---

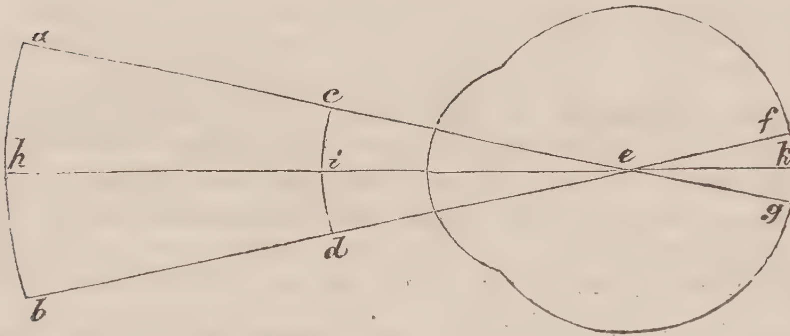
[1]) A. Burow Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1842. 8. S. 84—93.

[2]) Volkmann in Müller's Archiv, 1843. S. 2.

schon früher gefunden, daß entferntere Objecte deshalb kleiner gesehen werden, weil wir sie unter dem gleichen Gesichtswinkel wie kleinere nähere auffassen. Die scheinbare Größe aber steht, wenn wir von modificirenden Nebenmomenten absehen, mit der Entfernung in gleichem Verhältnisse. Führen wir diesen Grundsatz specieller durch, so erklären sich hieraus viele Thatsachen, die uns tagtäglich aufstoßen:

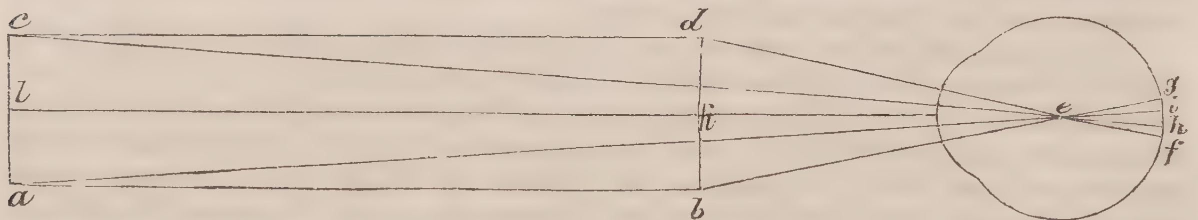
1) Ein kleiner und naher Gegenstand deckt einen fernen größeren vollkommen, so lange wir beide direct wahrnehmen. Gesetzt, cd sei das nähere und ab das entferntere Object, e der Kreuzungspunkt der Richtungslinien und kh die Verlängerung der Augenachse, welche ab und cd in h u. i halbirt, so haben wir cd : ab = ei : eh. Beide erzeugen das gleiche Netzhautbild fg und erscheinen unter demselben Gesichtswinkel ced = aeb. Wenn nun z. B. ie = 4 Zoll, he dagegen = 24000 Fuß ist, so haben wir, wenn wir cd = 1 setzen, ab : 1 = 24000 : $\frac{1}{3}$ und ab = 8000, d. h. der nähere Gegenstand wird dann einen ferneren, der 8000 Mal so groß ist, aber auch 8000 Mal weiter liegt, vollkommen decken und, wenn er nicht transparent ist, unsichtbar machen. Haben wir daher kein richtiges Maaß der Entfernung, so wird auch unser Urtheil über die Größe der Gegenstände irrthümlich ausfallen.

Fig. 173



2) Denken wir uns, daß die verschieden entfernten Punkte durch seitliche gerade Linien ab und cd begrenzt werden, so muß sich ein etwas

Fig. 174.

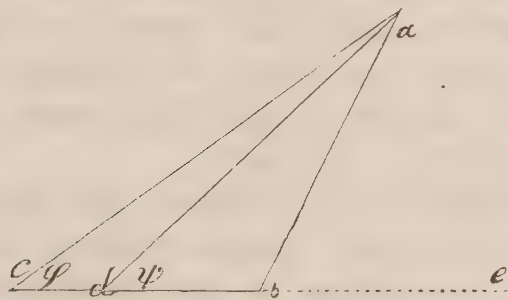


verändertes Resultat ergeben. Denn ist e der constante Kreuzungspunkt der Richtungslinien, so wird der nähere Gegenstand bd unter dem Gesichtswinkel bed und mit dem Netzhautbilde fg aufgefaßt, während der entferntere ac nur den Sehwinkel aec und das Retinabild hi hat. Er muß daher kleiner erscheinen, und es wird sich das Bild von bd zu dem von ac = fg : hi oder wie die Distanz ek zur Entfernung el verhalten. Aus diesem Grunde finden wir z. B., daß eine lange mit parallelen Rändern versehene Ackerfurche, die wir von einer Seite aus erblicken, an ihrem anderen Ende spitzwinkelig zusammenzulaufe. Deshalb glau=

ben wir bei dem Eintritt in eine lange gerade Allee, daß sie sich an ihrem anderen Endpunkte schließe. Soll das Letztere nicht Statt finden, so müssen die Bäume in einer bestimmten Curve [1]) gesetzt sein.

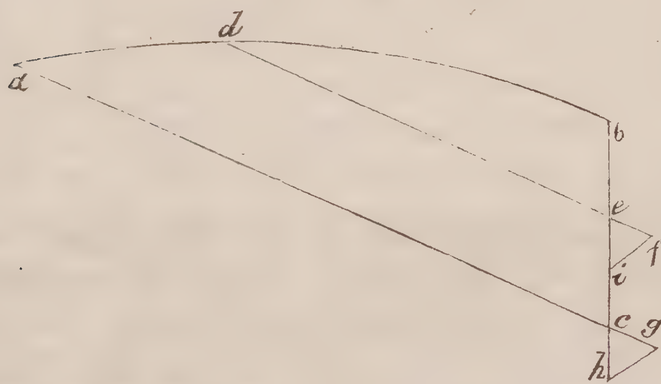
3) Steigt ein Gegenstand in schiefer Richtung empor, so kommt er uns, vorausgesetzt, daß die Stellung unseres Auges in Verhältniß zu der obersten und untersten Grenze desselben die gleiche bleibt, aus der Ferne kürzer und steiler als in der Nähe vor. Denn wenn z. B. ab das Object und c der Kreuzungspunkt des Auges ist, so wird es unter dem Gesichtswinkel φ aufgefaßt. Rückt dagegen c bis nach d vor, so verwandelt sich der Sehwinkel φ in ψ. Nun ist aber ψ als äußerer Winkel des Dreieckes acd größer als φ. Es muß daher ab länger erscheinen. Bleibt aber die Neigung von ab gegen be dieselbe, so wird die scheinbare Steilheit von ab um so mehr abnehmen, je größer ψ und je länger ab wird. Aus diesem Grunde erscheint uns z. B. nicht selten in Gebirgsgegenden ein Weg, den wir in der Ferne für fast senkrecht halten, in der Nähe dergestalt geneigt, daß man mit Bequemlichkeit darüber gehen oder selbst fahren kann.

Fig. 175.



4) Sehr ausgedehnte geradlinigt oder in Krümmungen dahingehende Körper werden aus der Ferne vollständiger als in der Nähe überblickt. Das Umgekehrte tritt dagegen rücksichtlich der Auffassung der Details ein. Denn wenn z. B. adb ein Object ist, das aus der Distanz c des Auges möglichst klar überschaut zu werden vermag, so bildet acb den Gesichtswinkel des deutlichen Sehens. Dieses bleibt natürlich das gleiche, wenn das Auge nach e rückt. Ist aber deb = acb, so müssen ag und df einander parallel sein, sobald hb eine fortlaufende gerade Linie bildet. Es kann daher jetzt nur der Theil hd deutlich aufgefaßt werden. So lange die Ausdehnungen ba und bd direct gesehen werden, kann sich nicht der Abstand des Punktes e oder c von der Netzhaut und specieller vom gelben Flecke, auf welchen die Bilder gh und fi auffallen, verändern. Es muß daher ei = ch und ef = cg sein. Da nun, wie wir eben gesehen, ∠ acb = hcg = deb = ief, so sind die Drei-

Fig. 176.

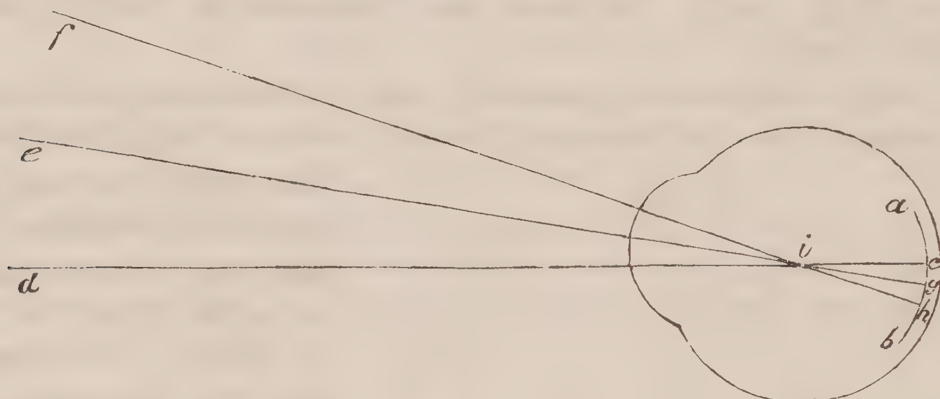


[1]) Eine Berechnung derselben von Varignon findet sich in Mémoires de l'Académie des sciences. Paris, 1717. 4. p. 67.

ecke hcg und ief congruent, folglich hg = if, d. h. ab und db entwerfen Netzhautbilder von derselben Größe. Es kann daher eine größere Anzahl einzelner Punkte des kleineren Gegenstandes db in ihren Details als von ba wahrgenommen werden. Aus diesem Grunde eignet sich die Betrachtung in der Nähe für die Wahrnehmung der Einzelnheiten, die in der Ferne dagegen für die Auffassung des Ganzen. Ein ganz nahe betrachtetes Oelgemälde zeigt uns nur die verschiedenen Striche und Körnchen der Farben, während uns die Beobachtung in einer gewissen Distanz den beabsichtigten Totaleffect zur Anschauung bringt. Eben so überblicken wir, wenn wir in einer bogenförmig gekrümmten Allee oder einem sich krümmenden Thale fahren, einen größeren Theil des Weges am Anfange als späterhin. Deshalb werden uns seitlich gelegene Gegenstände immer undeutlicher, je mehr wir uns ihnen annähern u. dgl. mehr.

1116 Wir müssen aber in Betreff des Urtheils der Entfernung der Gegenstände die Breiten- und Höhendistanzen von den Längenabständen wohl unterscheiden, weil die Wahrnehmung der ersteren in den Verhältnissen der Retina selbst begründet ist, während die der letzteren nur durch Erfahrung und Uebung nach und nach gewonnen werden kann und daher um so eher mannichfachen Täuschungen ausgesetzt bleibt. Nehmen wir an,

Fig. 177.

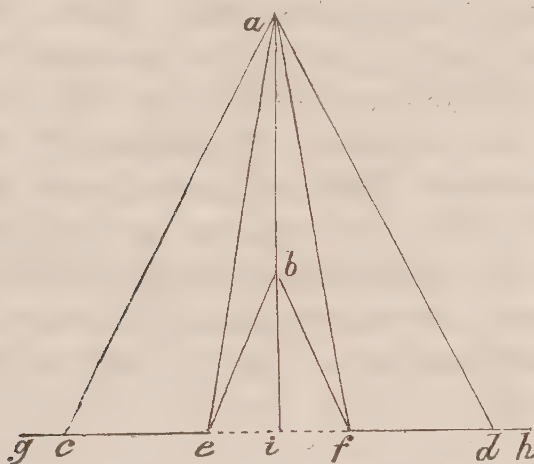


ab sei der Durchschnitt des gelben Fleckes und c der Mittelpunkt des Centralloches oder das hintere Ende der Augenachse. Liegt nun der Punkt d des äußeren Gegenstandes in der Verlängerung des letzteren dc, so wird er sich in c abspiegeln. Bildet aber i den für das natürliche directe Sehen constanten Kreuzungspunkt der Richtungslinien und der Sehlinien, so fällt das Bild von e in g und das von f in h auf die Netzhaut. Da wir nun die Anschauung umkehren, so muß auch die Entfernung der Punkte g und h von c ein richtiges Maaß für die gegenseitige Breiten- oder Höhenlage der leuchtenden Punkte d, e und f in Verhältniß zu den Abständen di, ei und fi abgeben. Bei dem indirecten Sehen oder der Wahrnehmung von Zerstreuungskreisen dagegen kann schon etwas der Art nicht Statt finden, weil dann die Sehlinien nicht genau mit den Richtungslinien zusammenfallen. Indem aber die Aufmerksamkeit vorzugsweise auf diejenigen Objecte, welche in der Sehaxe liegen, gerichtet wird, müssen alle Objecte überhaupt, die sich außerhalb derselben befinden, um so

eher solche Täuschungen veranlassen, je weiter sie von der Netzhaut abstehen.

Anders dagegen verhalten sich die Einflüsse der Längendistanz. Die 1117
Stärke der Beleuchtung wird natürlich durch die Menge der Lichtstrahlen, welche von jedem Punkte des Objectes ausgehen, bestimmt. Wenn nun a und b zwei gleich helle, aber ungleich vom Auge entfernte Gegenstände sind, so heißt dieses so viel, als daß von a eben so viele Lichtbündel wie von b ausströmen und mithin der Scheitelwinkel cad des Lichtconus cad dem ebf des Kegels ebf gleicht. Bilden nun ge und fh die Iris und ef die Pupille, so gelangen alle Strahlen, die von b ausgehen, ins Auge, während von a nur der Conus eaf in dasselbe tritt, die seitlichen cae und fad dagegen durch die Iris abgefangen werden.

Fig. 178.



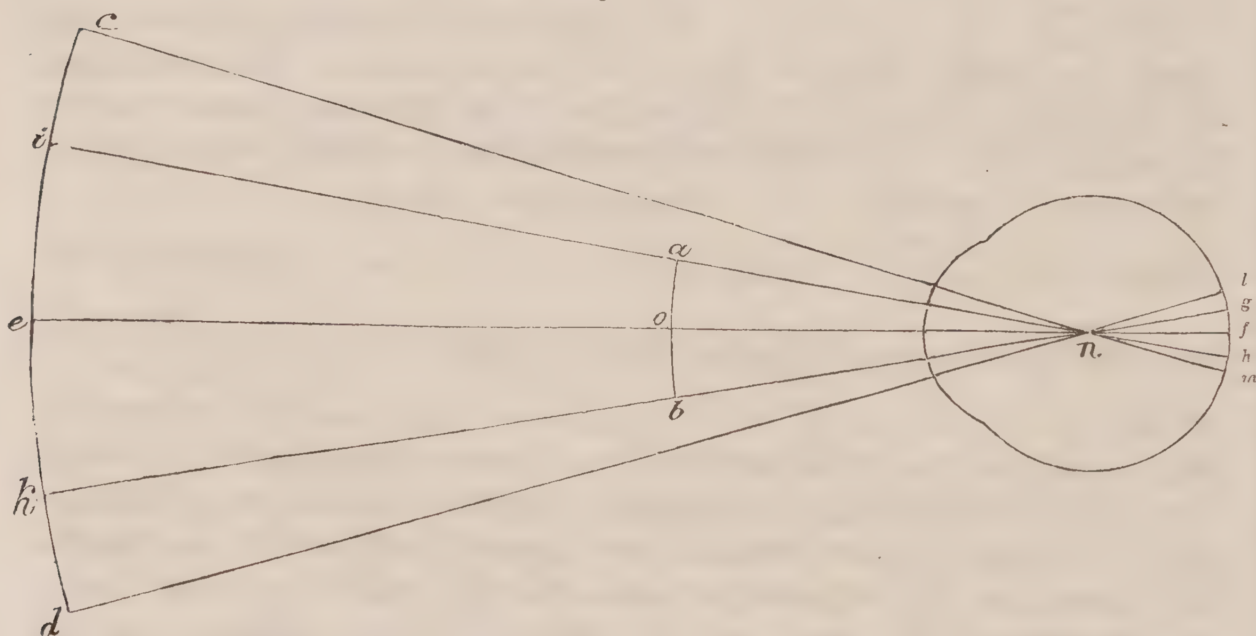
Ziehen wir aber ef und fällen die Senkrechte abi, so ist $\angle$ ebi $=$ $\angle$ cai und daher eb parallel ca. Es verhält sich mithin $ei : ib = ci : ia$. Mithin $ei = \frac{ib \times ci}{ia}$. Nun ist $ce = ci - ei$. Substituiren wir daher für ei den eben erhaltenen Werth, so haben wir $ce = \frac{ci\,(ia - ib)}{ia}$ Mithin $ce : ci = ce + fd : ef = (ia - ib) : ia$, d. h. die von dem Auge abgeschnittenen Lichtkegelstücke des ferneren Gegenstandes verhalten sich zu den durchtretenden des näheren, wie die Differenz der Entfernungen der Objecte zu dem Abstande des näheren Punktes von der Pupille. Der Unterschied der Lichtintensität wird also sehr groß sein, wenn sich der eine Gegenstand sehr nahe und der andere sehr fern befindet, und das Auge hat auf diese Weise mittelst der Beleuchtung eine Basis, nach welcher es eine Längendistanz beurtheilen kann. Jedoch muß dieses Moment um so mehr in den Hintergrund treten, je entfernter der nähere Gegenstand liegt und je näher er dem hinteren rückt. Werden dagegen die Distanzen so groß, daß die Strahlen, die von beiden Objecten ausgehen, unter so kleinen Winkeln abgehen, daß sie ohne Fehler als parallel angesehen werden können, so wird der Einfluß der Längendistanz gänzlich aufhören. Die Bestimmung des Urtheils durch den Grad der Beleuchtung findet also hier seine Grenze.

Ist die Lichtstärke zweier ungleich entfernter Punkte ebenfalls ungleich, so kann nur dann eine Compensation Statt finden, wenn sie sich zu einander direct wie ihre Entfernungen vom Auge verhalten. Denn soll der Lichtkegel eaf eben so intensiv beleuchten als der Conus ebf, so müssen beide gleichviel Lichtstrahlen enthalten. Da aber ef beiden gemeinschaftlich ist, so verhält sich der Rauminhalt des Kegels ebf zu dem von eaf $= ib : ia$, oder mit anderen Worten: es muß der fernere Gegenstand um

so viel mehr als er weiter, denn der nähere liegt, beleuchtet sein. Da nun aber diese Compensation nur selten eintritt, vielmehr eine unproportionirte ungleiche Beleuchtung häufig zu Stande kommt, so verläßt uns das Verhältniß der relativen Lichtstärke, wenn wir die Longitudinalabstände schätzen wollen, in sehr vielen Fällen.

1118 Ein zweites leitendes Princip bildet der Gesichtswinkel. Decken einander verschieden große halbdurchsichtige Theile, so schließen wir auch auf eine ungleiche Entfernung derselben. Unser Urtheil irrt aber bald wiederum sehr leicht, wenn der hintere und entferntere Gegenstand so ausgedehnt ist, daß er trotz seines bedeutenderen Abstandes unter einem größeren Gesichtswinkel erscheint. Wenn z. B. ab das eine und cd das andere Object ist, die Verlängerung der Augenachse ef durch die Mitte von beiden geht, so wird ab mit seinem correspondirenden Netzhautbilde gh nur den Abschnitt ik verdecken, während sich ci und kd auf der Re-

Fig. 179.



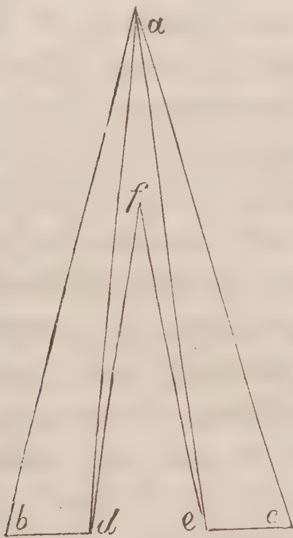
tina in hm und lg frei abspiegeln. Da nun ik und nicht ab unsichtbar wird, so schließen wir mit Recht, daß cd größer ist und hinter ab liegt. Allein das Quantum dieser Entfernung bleibt uns unbekannt, wenn wir für die Werthe ci und kd keinen sonstigen sichern Maaßstab haben. Liegen zwischen a und c oder h und d keine ferneren zur vergleichenden Beurtheilung tauglichen Gegenstände, so rücken wir ab an dc heran und beziehen den bedeutenderen Werth seines Gesichtswinkels cnd auf seine absolute Ausdehnung, d. h. wir abstrahiren von der Verkleinerung, welche er durch den Abstand eo erleidet. Betrachten wir z. B. mehrere Gebirgsketten, welche sich terrassenartig hinter einander erheben, aus der Ferne, so verschwinden die dazwischen liegenden Thäler, weil die Atmosphäre keine weiteren Anhaltspunkte zur Vergleichung darbietet. Besteigen wir dagegen die vorderste Höhe, so liefern uns die Objecte der Thalgründe hinreichende Urtheilsmomente. Die nächste Kette rückt daher auch von uns ab. Dasselbe findet in Betreff der dritten Statt, wenn sich zwischen ihr und der zweiten Wolken ansammeln. Allein selbst die Abstände dieser

von den Gebirgsmassen werden aus den eben angeführten Gründen unrichtig beurtheilt. Ebenso bewirkt die Vergrößerung des Gesichtswinkels, daß uns Personen, die wir durch einen Operngucker betrachten, viel näher erscheinen.

Existirt kein sichtbares Object zwischen einem fernen Gegenstande und 1119
unserem Auge, so erscheint uns jenes kleiner und näher, als wenn Anhaltspunkte der Vergleichung dazwischen vorhanden sind. Befinden wir uns z. B. auf einer hohen Spitze, der benachbarte noch höhere Berge, z. B. Hochalpen gegenüberliegen, so glauben wir, daß die letzteren sehr nahe seien, wenn auch noch die Entfernung mehrere Meilen beträgt. Auf offnem Meere, wo man nichts als Himmel und Wasser erblickt, verfehlen selbst geübte Schützen nicht selten ihr Ziel, weil die in der Luft befindlichen Thiere weit näher vorbeizufliegen scheinen als der Wahrheit entspricht. Daher auch die Regel in diesem Falle bei größeren Vögeln nie eher anzulegen, als bis man die Augen deutlich erkennt. Das Himmelsgewölbe stellt sich uns aus demselben Grunde nicht kreisförmig, sondern im Meridian abgeplattet, das Sonnenbild (selbst abgesehen von der Strahlenbrechung) in der Mittagshöhe kleiner als am Horizonte dar, u. dgl. mehr.

Die Ursachen dieses Naherückens ferner Gegenstände aus Mangel an 1120
Zwischenobjecten liegt ursprünglich weniger in optischen als in physiologischen Verhältnissen. Wir können uns zwar hierbei auch in Betreff der Lichtstärke täuschen. Wenn z. B. a ein ferner leuchtender Punkt, bc die Regenbogenhaut und de die Pupille des Auges ist, so werden die Strahlen bad und eac durch die Iris bdec abgefangen. Nur der Lichtkegel dae gelangt ins Auge. Da aber Zwischenobjecte zum Vergleiche fehlen, so glauben wir, daß der Gegenstand mit seiner vollen Lichtstärke oder wenigstens mit einer bedeutenderen, als wahrhaft der Fall ist, auf unser Auge wirke. Sollte das Erstere eintreten, so müßte er um so viel näher rücken, daß der Winkel dfe dem Winkel bac gleich würde, d. h. er würde bis zu demjenigen Punkte gelangen, wo die Linien df und ef, welche ab und ac parallel sind und durch die Peripherie der Pupille de gehen, einander schneiden. Allein so richtig auch diese Vorstellung an und für sich theoretisch ist, so verliert sie doch gerade für unseren Fall deshalb fast alle Bedeutung, weil bei ihm die Lichtstrahlen aus solcher Ferne einfallen, daß sie ohne Fehler als parallel angesehen werden können oder weil die Größendifferenz der Pupille und der Iris im Verhältniß zu dem Abstande des Gegenstandes verschwindend klein ist.

Fig. 180.



Weit wichtiger dagegen ist das psychologische Moment der Details- 1121
auffassung. Wir wissen aus Erfahrung, daß wir eine um so größere Zahl von Einzelnheiten eines Gegenstandes wahrnehmen, je näher uns derselbe liegt. Mangeln aber zum Vergleiche taugliche Zwischenobjecte, so halten

wir Licht- und Schattenverhältnisse, Umrisse gröberer Theile u. dgl., welche schon aus größerer Ferne kenntlich werden, für Details, die einer bedeutenderen Nähe zukommen und fassen daher zwar das Object unter dem richtigen Gesichtswinkel und dem entsprechenden vollen Netzhautbilde, aber in einer zu großen Nähe und daher auch etwas kleiner auf. Die Anschauung der Hochalpenkette zu verschiedenen Zeiten erhärtet uns die Richtigkeit dieser Annahme sehr deutlich. Wenn der Himmel ganz klar, die Atmosphäre vollkommen rein ist und die Sonne die ausgedehnten Gletscherflächen bescheint, so daß sich diese blendend weiß und oft atlasglänzend darstellen, so haben wir einförmigere und gleichartigere Flächen. Wir versetzen daher auch die Bergkette in eine größere Ferne. Ist dagegen der Himmel umwölkt, die Luft mit Wasserdünsten geschwängert und werden die Gebirge nicht so intensiv beleuchtet, so erkennt man auch die Abhänge und Schluchten als schwarze Flecke zwischen den grauweißen Gletscherflächen. Die Menge der in die Augen fallenden Einzeltheile vergrößert sich, und die Alpen scheinen uns daher auch weniger fern zu liegen, so daß man die ungewöhnliche Nähe derselben als ein Zeichen herannahenden schlechten Wetters betrachtet.

1122 Indem aber das Maaß des richtigen Längenabstandes eine Uebung des Urtheils und keine bloß optischen Bedingungen voraussetzt, kann nur eine anhaltende Vervollkommnung der Auffassung selbst die gröbsten Irrungen in solcher Beziehung vermeiden lehren. Dieses bestätigt auch die Erfahrung. Ein kleines Kind beurtheilt selbst die Distanzen, welche noch innerhalb einer bedeutenden Nähe fallen, auf eine ganz unrichtige Weise. Will der Säugling nach etwas greifen, so tappt er erst eine Zeitlang in der Nähe des Objectes herum, bis er es endlich trifft und so seinen Wunsch befriedigt. Es vergehen immer Monate, bevor er den richtigen Tact erlangt hat, den Gegenstand sogleich zu fassen. Blindgeborene, die später mit Glück operirt werden, sehen alle Objecte mehr flächenartig ausgebreitet und lernen erst durch allmälige Uebung nähere und fernere Objecte unterscheiden. Jedoch muß auch von vorn herein eine gewisse Wahrnehmung in die Tiefe durch die Dicke der Netzhaut bedingt werden. Wenn wir uns aber auch eine hinlängliche Geschicklichkeit angeeignet haben, so zeigen doch die oben angeführten Erfahrungen deutlich genug, daß diese nur sehr relativ ist und wir immer großen Irrthümern unterworfen bleiben, weil das Urtheil auf keinem fixen mathematischen Verhältnisse, sondern auf variablen subjectiven Voraussetzungen beruht.

Fig. 181.



1123 Die Täuschungen, denen die Auffassung der Längendistanz ausgesetzt ist, ziehen nicht selten Irrthümer in Betreff der Beurtheilung der Gestalt der Gegenstände nach sich. Wenn wir uns z. B. auf den Erdboden neben der Basis eines Thurmes hinlegen und dann hinaufschauen, so kommt es uns vor, als neige sich der letztere über uns. Denn gesetzt, dieser sei ab und in c ruhe unser Auge, so fassen wir noch z. B. die Distanz cd richtig auf. Statt ce dagegen nehmen wir cf, statt

ca nur cg an. Da sich nun das Gleiche für alle zwischen d und a liegende Punkte wiederholt und der Einfluß der Irrung des Urtheils mit dem Abstande von d stetig zunimmt, so glauben wir, daß der Thurm bdea die Form bdfg habe. Aus derselben Ursache scheint uns der Spiegel des ruhigen offenen Meeres, wenn er horizontal ist, convex zu sein, weil unsere Schätzung des Abstandes, je größer die Entfernung, um so unrichtiger ausfällt.

Wenn verdeckende Zwischenobjecte mangeln und die Reinheit der Atmosphäre die Auffassung begünstigt, können bekanntlich nicht bloß die sehr entfernten Gestirne, sondern auch sehr weit abstehende größere Gegenstände des Erdballes in bedeutenden Distanzen erblickt werden. So z. B. zeigt sich der Himalaya noch bei 244, der Ararat von Derbhend in 240, der Chimborazo in 160 und der Pik von Teneriffa in 135 (englischen?) Meilen Entfernung [1]).

Die perspectivische Auffassung verschieden weit liegender Gegenstände 1124 beruht eben auf der Beurtheilung der gegenseitigen Stellungs- und Distanzverhältnisse derselben. Wie sich aber von selbst ergiebt, kann die perspectivische Darstellung keine objectiv richtige sein, sondern muß die subjectiven Momente der Gesichtsempfindungen wiedergeben. Sie reproducirt die Bilder, wie sie wahrgenommen werden würden, wenn sich das Auge des Beschauers in einer gewissen Entfernung vor ihnen befände. Alle Verkleinerungen der Objecte sind daher nach diesem Maaßstabe zu entwerfen. Es müssen auch deshalb nähere Gegenstände größer als entferntere gezeichnet, Längendistanzen z. B. zwischen zwei terrassenartig sich erhebenden Bergketten hinweggelassen werden. Ebene Flächen, die sich in bedeutender Länge hinstrecken, sind sich erhebend, Alleen nach der Ferne hin verschmälert zu zeichnen u. dgl. mehr.

Diese perspectivischen Eigenthümlichkeiten bedingen mehrere Einzelverhältnisse, die noch nicht ganz genügend erklärt werden können. Wenn uns z. B. die Hochalpenkette bei der Betrachtung mit freiem Auge einförmiger erscheint, so zeigt sie sich sogleich in vollständigster Perspective, sobald man den gebogenen Vorderarm auf die Stirn unmittelbar über die Augen legt oder die Gegend mit niedergesenktem Kopfe durch die aus einander gespreizten Beine betrachtet. Ja der Versuch, der übrigens auch an jeder irgend ausgedehnten Gebirgslandschaft angestellt werden kann, gelingt schon, wenn man sich nur hinlegt und auf diese Art das Ganze gleichsam mit horizontaler Auffassung ansieht. Man suchte diesen Erfolg dadurch zu erklären, daß man annahm, es ströme mehr Blut bei jenen künstlichen Stellungen nach dem Kopfe und der Netzhaut. Diese werde daher empfindlicher und fasse deshalb Perspectivdetails, die uns sonst entgehen, richtig auf (Brewster) [2]). Da jedoch das Experiment zu demselben Resultate führt, wenn man nur den flectirten Vorderarm auf die Stirn legt, so kann diese Erklärung nicht die richtige sein. Vielmehr scheint der Grund nur darin zu liegen, daß das seitliche Licht in höherem Grade abgehalten wird. Hierdurch nimmt das Auge mehr Einzeldetails des fernen Gegenstandes wahr und beurtheilt deshalb die Perspective besser. Für diese Annahme spricht auch, daß uns eine Landschaft schon um vieles perspectivischer wird, wenn wir sie nur durch die Oeffnung eines Papiers beobachten, daß die fernen Gegenstände, trotz dem daß sie in der Vorstellung theilweise weiter verrückt werden, nicht größer, sondern kleiner erscheinen und geringe Färbungen derselben den Effect erhöhen. Der Versuch gelingt daher z. B. besser, wenn man ihn während des Glühens der Alpen bei Sonnenuntergang, als außerhalb dieser Zeit darstellt.

---

[1]) Brewster und Jameson The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. III. Edinburgh, 1820. 8. p. 192. Vergl. Colby ebendaselbst Vol. I. p. 411.

[2]) L'Institut 1842, Nr. 382. p. 139. 40.

Eine andere Eigenthümlichkeit besteht darin, daß es einem Maler unmöglich ist, eine bergab gehende Straße so aufzunehmen, als wenn sich das Auge des Beobachters in der Mitte des höchsten Punktes derselben befände und von hier aus herabschaute. Das Ganze macht immer den Eindruck, als ginge die Straße von der Stelle des Anschauenden bergauf und nicht bergab. Selbst bei Daguerreotypbildern, welche man in dieser Art aufgenommen, bleibt die Wirkung die gleiche, zum Beweise, daß keine Fehler der Zeichnung oder der Licht- und Schattenvertheilung die Veranlassung des Phänomenes darstellen. Die Ursache liegt vielleicht darin, daß es für die Verhältnisse des Gesichtswinkels gleich ist, ob die Straße, wenn sie nur eine irgend beträchtliche Länge hat, emporsteige und von dem Beobachter von unten nach oben betrachtet werde oder ob in beiden Beziehungen das Umgekehrte Statt findet. Da wir nun aber in der Regel von dem Boden emporstrebende fernere Gegenstände betrachten, so ist uns auch eine solche Auffassungsweise geläufiger als die entgegengesetzte.

Betrachten wir ein Geldstück unter einer Lupe, so erscheinen uns die Erhabenheiten des Stiches desselben im ersten Augenblicke eben oder sogar vertieft. Einige Zeit darauf verschwindet die Täuschung, und wir sehen die einzelnen Theile des vergrößerten Objectes in ihren natürlichen Verhältnissen. Wiederholen wir den Versuch mehrere Male in kurzer Zeit hinter einander, so kehrt die Illusion nicht wieder. Diesem gemäß hält sie auch bei einzelnen Menschen länger, bei anderen kürzer an. Der einfachste Grund dieses schon von Jablot im Jahre 1712 mitgetheilten Experimentes scheint in der Bestechung unseres Urtheils durch die Vergrößerung zu liegen. Da die erhabenen Stellen der Münze mehr Licht reflectiren, so erscheinen sie glänzender und im ersten Momente der Betrachtung des vergrößerten Bildes umfangsreicher und daher ferner, d. h. eben oder vertieft.

1125 Wir erfahren, daß ein Gegenstand sich bewegt, wenn sein Bild auf unserer Netzhaut fortrückt und wir ihm den Bulbus oder selbst den Kopf nachdrehen müssen, sobald er uns nicht aus dem Bereiche des directen Gesichtsfeldes verschwinden soll. Wir empfinden mithin theils seine Ortsveränderung, theils diejenige, die wir selbst als Correction vorzunehmen gezwungen werden. Bei diesem complicirten Verhältnisse aber ist wiederum eine Reihe von Täuschungen sehr leicht möglich. Wenn wir z. B. die Arabeske eines gemalten Zimmers betrachten und unser Auge wenden, um andere Stellen derselben aufzufassen, so ereignet es sich bisweilen, daß wir in der Zerstreuung die Drehung unseres Bulbus vergessen und momentan glauben, daß die Arabeske selbst in horizontaler oder senkrechter Richtung schnell fortrücke. Noch leichter kommt dieselbe Illusion zu Stande, wenn sich unser Körper selbst in seinen Einzelntheilen passiv verhält, während die Bilder unbeweglicher Gegenstände eine Ortsveränderung auf unserer Netzhaut vornehmen, weil unser Organismus im Ganzen ohne unser Zuthun fortgeleitet wird. Aus diesem Grunde glauben wir oft, daß die äußeren Gegenstände des Weges oder des Ufers in einer unserer Bewegung entgegengesetzten Richtung dahingehen, wenn wir in einem Wagen oder auf einem Schiffe fahren. Ueberschreitet jedoch die Geschwindigkeit der letzteren Fortschaffungsvehikel einen gewissen Grad, so zeigt sich die Scheinbewegung der äußeren Objecte unserem wahren Fortrücken nicht entgegengesetzt, sondern entsprechend [1]). Aehnliche Uebertragungen können auch von bewegten Gegenständen auf unseren Körper Statt finden. Steht z. B. ein Mensch längere Zeit auf einer Brücke und be-

1) G. Th. Fechner Repertorium der Experimentalphysik. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. S. 227. 28.

trachtet den Lauf des Stromes anhaltend, so scheint dieser zuletzt zu ruhen, während er sich selbst mit der Brücke in entgegengesetzter Direction zu bewegen glaubt. Hat man einen größeren Wasserfall anhaltend angeschaut und blickt dann auf die benachbarten Felswände, so scheinen die Theile der Oberfläche derselben nach oben zu gehen [1]). Deshalb ist es auch leichter, auf einem schmalen Brette eine ruhige Kluft, als einen reißenden irgend breiten Bergfluß zu überschreiten.

Hierher gehören noch die Scheinbewegungen, welche die Gegenstände bei dem Schwindel annehmen. Dreht man sich bei aufrechtem Kopfe um sich herum und steht dann still, so scheinen die Objecte in einer Horizontalebene, die daher auf der Längenachse des Körpers und der vorgenommenen Drehung senkrecht steht, im Kreise herumzugehen. Neigt man nun den Kopf schief, so schneidet die Ebene des scheinbaren Drehkreises die gegenwärtige Längenachse des Kopfes senkrecht, mithin die des Rumpfes schief. Siehe Purkinje in den medicinischen Jahrbüchern des österreichischen Staates. Bd. VI. S. 15. Wir werden übrigens auf diese Verhältnisse in der Nervenphysiologie bei der Darstellung der Thätigkeiten des Gehirnes zurückkommen.

Sollen wir eine Bewegung durch unser Gesicht unmittelbar wahrneh- 1126
men, so müssen nicht bloß absolut oder relativ ruhende Gegenstände nebenbei zum Vergleich vorhanden sein, sondern die Geschwindigkeit des fortrückenden Körpers darf nicht, wie sie von uns beobachtet wird, unter eine gewisse Grenze herabsinken. Denn sonst erscheint uns das Object in vollkommener Ruhe. Aus diesem Grunde entgeht uns unmittelbar die Bewegung der Gestirne, so lange wir sie mit freiem Auge beobachten. Betrachten wir sie aber durch ein Fernrohr, so vergrößert sich der durchlaufene Raum, während die hierfür gebrauchte Zeit dieselbe bleibt. Die scheinbare Geschwindigkeit nimmt in gleichem Maaße der Vergrößerung zu, und wir nehmen daher die Bewegung sogleich wahr. Hierbei muß natürlich die Vergrößerung um so stärker ausfallen, je langsamer die Ortsveränderung in Verhältniß zu unserem Sehen vor sich geht.

Um aber den Grad der Schnelligkeit, bei welcher die Bewegung eines 1127
Körpers sichtbar wird, zu bestimmen, dient am einfachsten die Beobachtung des Ganges eines Minutenzeigers einer guten Taschenuhr, — ein Verfahren, das schon früher von C. G. Schmidt und Muncke geübt worden ist [2]). Ich kann z. B. noch nicht die Bewegung des vergoldeten Minutenzeigers, welcher eine Länge von 14,5 Millimeter hat, mit freiem Auge bei gutem Tageslichte wahrnehmen, sehe sie aber, wenn ich eine $1\frac{1}{2}$ Mal vergrößernde Loupe gebrauche. Betrug dagegen die Länge des vergoldeten Zeigers einer andern Uhr 18 Millimeter, so nehme ich das Fortrücken der Spitze bei scharfer Fixation in 4 Zoll Abstand vom Auge in hellem Lichte eben noch wahr, würde jedoch das Ganze bei irgend flüchtiger Betrachtung für ruhend halten. Schiebe ich aber eine Loupe vor, die für ebenfalls 4 Zoll Sehweite $1\frac{1}{2}$ Mal vergrößert, so kann ich die Ortsveränderung deutlich auffassen. In dem ersteren Falle durchläuft

[1]) Addams in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. Novemb. p. 373.

[2]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1457.

der Zeiger in der Secunde einen Raum von $\frac{36 \times \pi}{3600} = 0{,}031416$ Millimeter $= 0''',0139266$, während die Scheingeschwindigkeit im letzteren Falle für die Secunde $1\frac{1}{2}$ Mal größer $= 0''',0208899$ oder ungefähr $\frac{1}{50}$ pariser Linie beträgt. Halten wir uns, um in keiner Hinsicht zu übertreiben, nur an die letztere Zahl als Grundwerth der folgenden Bestimmungen, so beträgt dann die Secundengeschwindigkeit des Netzhautbildchens nach den in §. 1012 angeführten Distanzen des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Vorderfläche der Hornhaut und dem Centralloche $\frac{4{,}731 \times 0{,}0208899}{48 + 5{,}29} = 0''',0018545$ oder nicht ganz $\frac{1}{500}$ Linie. Für den Gesichtswinkel φ, welcher dieser Größe entspricht, haben wir aber $\text{tang. } \frac{1}{2}\varphi = \frac{0{,}0208899}{2\,(48 + 5{,}29)} = \text{tang. } 0^0\, 0'\, 40'',5$. Die Bewegung eines Körpers wird also nur dann von mir wahrgenommen, wenn sie für mein Auge eine Winkelgeschwindigkeit von $0^0\, 1'\, 21''$ in der Zeitsecunde besitzt.

Alle solche Bestimmungen der Secundengeschwindigkeit der kleinsten Veränderung des Sehwinkels geben selbst bei den richtigsten Vordaten bloß approximative Werthe, weil eine große Zahl von Nebenverhältnissen, die nicht immer genau in Berechnung gezogen werden können, wesentlich mitwirken. Nicht nur die Stärke des Lichtes, der Glanz und die Farbe des betrachteten Gegenstandes, der Abstand, die Sehweite und die Gesichtsschärfe des Auges, sondern auch die Natur der benachbarten Objecte hat auf die Wahrnehmung der leisesten Bewegungen einen bedeutenden Einfluß. Geht der Zeiger der Uhr z. B. unmittelbar an feineren Strichen hin, so wird seine geringste Bewegung leichter als sonst wahrgenommen, weil jene feinen, als Verzierungen angebrachten Linien zu fixen Vergleichungspunkten dienen und die unbedeutendste Verrückung der Zeigerspitze um so eher auffällt.

Nach Schmidt bemerkt man die Bewegung der Sterne bei einer Verschiebung des Gesichtswinkels von 50 Secunden. Die Annahme dieses Forschers aber, daß die Ortsveränderungen des Minutenzeigers erst bei einer Secundengeschwindigkeit von $0^0\, 2'\, 15''$ kenntlich werden, dürfte sich nur auf nicht scharfe Augen und wenig begünstigende Verhältnisse beziehen. Muncke konnte das Fortrücken des stahlblauen, 9,1 Linien langen Minutenzeigers auf blendend weißem Grunde in 8 Zoll Abstand vom Auge eben noch wahrnehmen. Dieses giebt eine Secundengeschwindigkeit von $0''',015882$.

1128 Nothwendiger Weise müssen wir aber die Bewegung eines Gegenstandes etwas später und unvollständiger, als sie wahrhaft ist, auffassen. Denn wäre unser Gesichtsorgan unbeschränkt, so daß wir auch den kleinsten Winkelunterschied wahrzunehmen die Fähigkeit hätten, so würde uns auch jede Ortsveränderung sogleich zur Perception kommen. Wir haben aber gesehen, daß der Gesichtswinkel eine gewisse Größe haben muß, wenn uns das Object zur Anschauung kommen soll. So lange es also nur eine so geringe Winkelgeschwindigkeit, als dieser Werth ausmacht, besitzt, wird uns die Bewegung entgehen. Wir müssen sie daher ein Minimum von Zeit später auffassen, als sie wahrhaft für unser Sehen eintritt.

1129 Mit diesen Verhältnissen hängt zum Theil die sogenannte Dauer des Eindruckes der Gesichtsobjecte zusammen. Denken wir uns nämlich, daß das Bild nicht augenblicklich, wie es erscheint, verschwindet,

sondern noch einige Zeit auf der Netzhaut anhält und gleichsam nachklingt, so wird ein Object, welches innerhalb dieser kurzen Zeitdauer eine Kreisbewegung macht, continuirlich im Gesichte bleiben, d. h. wir werden nicht den Körper von Stelle zu Stelle fortschreiten sehen, sondern er muß den Eindruck einer anhaltenden Kreislinie verursachen. Die Täuschung wird natürlich bei einem hellen, viel Licht gebenden Körper stärker als bei einem matt beleuchteten ausfallen. Auf diese Weise erscheint uns eine an einem Drahte befestigte und rasch herumgeschwungene Kohle in der Form eines feurigen Kreises, während eine in ähnlicher Weise behandelte an einem Faden hängende Bleikugel einen weit geringeren Effect hervorruft und in einiger Ferne sogar unser Gesichtsorgan nicht mehr afficirt. Dieser Unterschied muß sich natürlich auch auf die Farben übertragen.

Wie man leicht sieht, wird die Geschwindigkeit, d. h. die Zahl der 1130
Umdrehungen, welche ein Körper in einer Zeiteinheit macht, den Erfolg bestimmen. Wir haben daher ein Mittel, um auf diese Art die Zeitdauer des Netzhauteindruckes unter bestimmten Verhältnissen zu messen. Sie muß nämlich mit der geringsten Zeitgröße einer Umkreisung, bei welcher das Scheinbild der Continuität zu Stande kommt, zusammenfallen. Im Allgemeinen beträgt dieser Werth ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Secunde.

Nach Parrot gleicht die Dauer des Eindruckes einer glühenden Kohle, welche in einem dunkelen Zimmer mit einer Secundengeschwindigkeit von 6,8 Fuß geschwungen wird, 15, einer solchen dagegen, die in einem hellen Raume mit einer Schnelligkeit von 10 Fuß rotirt, nur 10 Tertien. Segner nahm in dieser Beziehung als allgemeinen Werth 30, d'Arcy 8 und Cavallo 6 Tertien an. Wird eine Bewegung, die eine Secundengeschwindigkeit von 0 1′ 21″ hat, für mein Auge unter sehr günstigen Beleuchtungsverhältnissen kenntlich und gleicht der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem ich unter den günstigsten Voraussetzungen einen Gegenstand wahrnahm, 0° 0′ 2″,6, so muß das mögliche Minimum der Dauer des Netzhauteindruckes in meinem Bulbus $\frac{2,6 \times 60}{82} = 1,90$ oder 2 Tertien betragen. Wir werden übrigens die Bestätigung dieses Resultates in der Folge durch andere Erfahrungen kennen lernen (§. 1133).

Plateau bestimmte diese Verhältnisse, indem er einen Räderapparat gebrauchte, welcher durch Gewichte in Bewegung gesetzt und an dem die Zahl der Umdrehungen des letzten Rades in einer bestimmten Zeiteinheit, z. B. in einer Secunde durch Rechnung gefunden werden konnte. Man heftete Quadrate verschiedenfarbigen Papiers an dasselbe und beobachtete nun, bei welchem Minimum von Schwingungen die Auffassung continuirlich wurde. Natürlicher Weise gaben dann drei Viertheil der Zeit eines einzigen Umschwunges die Dauer eines Netzhauteindruckes. Hierbei bestätigte sich die theoretische Folgerung, daß jene bei dem Blau auf dem unbestimmten Grunde des Umdrehungskörpers kürzer ist als bei Weiß. Dieses aber und Gelb und Roth lieferten so schwankende Resultate, daß sich kein sicherer Schluß entnehmen läßt. Denn berechnet man die von Plateau erhaltenen Zahlen von je sechs Versuchen, welche mit jeder Farbe angestellt worden, in Zeittertien, so ergeben sich folgende Werthe:

	Zeitdauer des Eindruckes des Bildes in Tertien.		
	Maximum.	Minimum.	Medium.
Weiß	22,8	19,8	21,2
Gelb	21,6	21,4	21,3
Roth	22,2	19,2	21,7
Blau	21,6	18,0	19,4

Diese Verhältnisse bedingen eine Reihe von Gesichtstäuschungen, welche uns im gewöhnlichen Leben häufig genug begegnen, die aber auch zum Theil die Grundlage zu manchen sinnreichen optischen Spielwerken bilden. Der continuirliche Eindruck des Blitzstrahles, der Sternschnuppen, der Raketen z. B. beruht auf der Schnelligkeit des Fortganges des Lichtes. Indem die einzelnen Cilien des Räderorganes der Rotiferen rasch und gleichartig hinter einander schlagen, entsteht die Täuschung eines fortlaufenden Rades. Dreht sich ein spiralig ausgefurchter Glasstab schnell um seine Achse, so erhält das Ganze den Anschein eines ausfließenden Wasserstrahles. Wir können an einem Rade, das sich sehr rasch wendet, die einzelnen Speichen nicht mehr isolirt wahrnehmen. Erfolgt die Drehung etwas langsamer und betrachten wir besonders das Ganze durch ein horizontales Gitterwerk, so zeigen sie sich nach bestimmten Curven gebogen, nicht aber gerade, wie sie wahrhaft sind. Theilt man eine bewegliche Scheibe in eine Reihe von Sectoren, so wie es Fig. 182 andeutet, und läßt sie sehr schnell kreisen, so erhält man nach einiger Zeit einen gleichförmigen Eindruck. Dieses Endresultat zeigt sich, die Abschnitte mögen abwechselnd schwarz und weiß oder mit anderen Farben angestrichen sein. Nur weicht die Größe der Zeitdauer eines Umlaufes, bei welchem der gewünschte Erfolg zuerst eintritt, in dieser Beziehung ab. Auch hier suchte Plateau die zeitliche Größe des Netzhauteindruckes bei den verschiedenen Farben in ähnlicher Weise zu bestimmen. Wechselten schwarze Sectoren mit weißen, gelben, rothen oder blauen ab, so zeigten sich in je vier Versuchen folgende Werthe:

Fig. 182.



	Dauer des Umlaufes in Tertien.		
	Maximum.	Minimum.	Medium.
Weiß	11,88	10,92	11,48
Gelb	12,12	11,52	11,94
Roth	14,88	13,44	13,94
Blau	19,38	15,84	17,66

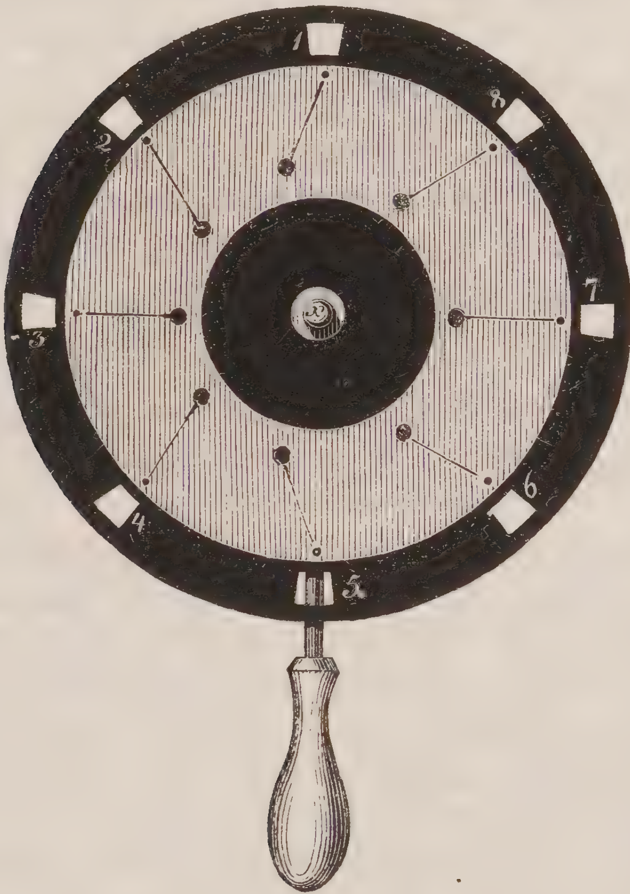
Hier findet sich also gerade das Umgekehrte, wie bei dem Radapparate, d. h. das Blau erzeugt verhältnißmäßig den längsten, das Weiß den kürzesten Eindruck. Plateau glaubt dieses daraus erklären zu können, daß das Blau zwar eine absolut schwächere Impression macht, aber verhältnißmäßig langsamer verschwindet, ungefähr wie ein kälterer Körper minder rasch als ein heißer erkaltet. Ob diese Hypothese richtig sei oder nicht, steht dahin.

Auf ähnlichen Verhältnissen beruht die Construction der optischen Drehscheiben oder der von Plateau [1]) und Stampfer erfundenen Wunderscheiben (Phaenakistoskop,

[1]) Annales de Chimie et Physique. Vol. LIII. Paris, 1833. 8. p. 304—308.

Phantasmaskop, stroboskopische Scheiben). Malt man z. B. auf die eine Seite einer Scheibe das Gitterwerk eines Gefängnißfensters und auf die andere in der Mitte den Kopf eines Menschen und dreht das Ganze sehr schnell um seine Achse, so hat es das Ansehen, als sehe man einen Menschen, der durch das Gitter blickt, abgebildet. Der Eindruck des letzteren ist nämlich noch nicht verwischt, wenn schon der des Kopfes folgt. Da aber beide in dieselbe Gegend fallen, so combinirt sie die Phantasie zu einem denkbaren Bilde zusammen. Die Wunderscheibe besteht aus einer 6 bis 10 Zoll im Durchmesser haltenden runden Tafel, Fig. 183, welche um eine in ihrem Mittelpunkte befindliche Achse x sehr rasch gedreht zu werden vermag. An ihrem Rande befindet sich eine Reihe von Durchsichtsöffnungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, welche eine bestimmte gleiche Größe und dieselben Distanzen von einander haben. Innerhalb des Kreistheiles, welcher diese Oeffnungen besitzt, befindet sich eine kleinere Kreisscheibe, auf welcher derselbe Gegenstand so viel Mal, als Oeffnungen vorhanden sind, in mannigfachen successiven Stellungen seiner Bewegung, in der beiliegenden Figur z. B. ein schwingendes Pendel abgebildet ist. Hält man nun das Ganze vor einem Spiegel, so daß dieser die Zeichnung wiedergiebt, blickt durch eine der Oeffnungen und dreht nun die Scheibe rasch herum, so sieht das Auge, indem immer ein anderes Loch und eine andere vor den übrigen deutliche Figur vorbeigeht, die verschiedenen successiven Stellungen rasch hinter einander und zwar in einem Augenblicke mit größter, sonst dagegen mit zu- oder abnehmender Deutlichkeit. Erfolgt nun dieser Wechsel in kürzerer Zeit, als die Dauer des Netzhauteindruckes beträgt, so combiniren wir die Anschauung zur Darstellung einer Totalbewegung, d. h. es kommt uns vor, als schwinge das Pendel, während wir bei langsameren Umdrehungen jedes einzelne Bild isolirt, wie es wahrhaft ist, auffassen. Auf solche Art kann man die Täuschung von gehenden, tanzenden, spielenden Menschen, springenden Thieren u. dgl. beliebig hervorrufen. Auf ähnlichen optisch-physiologischen Grundsätzen beruht auch das sogenannte Horner'sche Daedaleum [1]).

Fig. 183.



Da aber die Dauer des Netzhauteindruckes keine bloß optische, son- 1131
dern eine zum Theil psychologische Erscheinung ist, so hängt ihre Größe auch noch zu einem bedeutenden Theile von geistigen Momenten ab. Je aufmerksamer und anhaltender wir nämlich einen Gegenstand betrachtet haben, einen je tieferen Eindruck er auf unser Gehirn gemacht, um so zäher und stärker bleibt er in dem subjectiven Gesichtsfelde zurück. Sehen wir von einer Brücke nur kurze Zeit in einen stark strömenden Fluß, so verliert sich der Eindruck, so wie wir den Blick wegwenden. Dauerte da-

[1]) Poggendorff's Annalen. Bd. XXXII. Leipzig, 1834. 8. S. 650—55. The London and Edinburgh Philosophical magazine. London, 1834. January p. 36.

gegen die Betrachtung länger, so nehmen wir auf dem Erdboden oder jedem anderen gleichförmigen Grunde, den wir unmittelbar darauf ins Auge fassen, eine Wellenbewegung wahr. Es ist, als ob nun noch unsere Retina, welche durch die von den Wellen ausströmenden schwankenden Lichtstrahlen in Affection gesetzt worden, nachzitterte und daher jede andere eintönige Gesichtsanschauung wellig machte. Ist diese Stimmung der Netzhaut nicht tief begründet, so wird sie durch andere stärkere Eindrücke leicht überwunden. Es erscheint uns daher zwar der gleichförmige Erdboden, nicht aber eine Landschaft in Wellenerschütterungen begriffen. Das Phänomen geht dann auch rascher vorüber. Gesellen sich aber zu den veranlassenden Ursachen tiefere Affectionen des Gehirnes, vorzüglich Schwindelanregungen hinzu, so greift die Täuschung bedeutend um sich. Wir haben sie daher intensiver, wenn wir eine Zeitlang sehr rasch im Wagen, auf einer Eisenbahn oder auf dem Meere gefahren sind. Wir sehen und fühlen noch, daß sich scheinbar die umgebenden Gegenstände in einer uns entgegengesetzten horizontalen oder schwankenden Richtung fortbewegen. Bei dem ächten Schwindel erlangen diese Illusionen ihr Maximum, indem der Centralpunkt der Gesichtsanschauungen, das Gehirn, seine eigene Störung des Gleichgewichtes in allen Wahrnehmungen abspiegelt.

1132 Hat eine objective Gesichtsanschauung einen sehr tiefen Eindruck auf unser Auge oder unser Gehirn gemacht, so reproducirt sie die Phantasie in unserem subjectiven Gesichtsfelde mit einer Kraft, welche je nach ihrer Intensität die der objectiven Eindrücke überwindet oder ihnen unterliegt. Als Newton das in einem Spiegel aufgefangene Sonnenbild behufs des Studiums der subjectiven Farbenränder anhaltend fixirt hatte, blieb die Erscheinung in seinem überreizten Auge mit solcher Kraft zurück, daß er, um seine Retina zu stärken, drei Tage lang in einem dunklen Zimmer bleiben mußte. Konnte er aber alsdann auch wiederum gut sehen, so erschien doch das Spectrum nach dem Schließen der Augen noch nach Wochen wieder. Alle gewöhnlichen Gesichtsanschauungen können eben so eine Zeitlang willkürlich im subjectiven Gesichtsfelde festgehalten werden und diese Fähigkeit, verbunden mit der Dauer des Netzhauteindruckes überhaupt, macht das Blinzeln der Augenlider minder störend als es sonst sein müßte. Hat sich aber ein Mensch mit einem Gegenstande, wie dieses bei der Verfertigung oder Betrachtung eines Gemäldes, bei interessanten mikroskopischen oder astronomischen Untersuchungen vorkommt, unausgesetzt und unter besonderer Fesselung der Aufmerksamkeit beschäftigt, so kehrt das Bild desselben selbst Tage lang noch unwillkürlich mit der größten Deutlichkeit in dem subjectiven Gesichtsfelde wieder. Nicht mit Unrecht hat man diese Erscheinung als eine Thätigkeit des Gedächtnisses des Sinnesorganes oder vielmehr als eine objectivirte Erinnerung des Gehirns aufgefaßt (Purkinje[1]), Henle).

---

[1]) J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Prag, 1819. 8. S. 166.

Die letzteren verschiedenartigen Nachbilder, welche in psychologischen Momenten ihren Grund haben, unterscheiden sich von den später zu betrachtenden Blendungsbildern, die aus objectiven Verhältnissen des Sehens hervorgehen. Denn während diese zum Theil ihrer Erscheinung und Zeitdauer nach äußeren Bedingungen gehorchen, hängen die Nachbilder mehr von Aufmerksamkeit, Phantasie und Wille ab und liefern daher auch körperlichere, von den Bewegungen des Auges und des Menschen unabhängigere Vorstellungen als jene. Es versteht sich aber von selbst, daß die subjective Auffassung objective Gesichtserscheinungen und Blendungsbilder, ja selbst die rein subjectiven Gesichtsphänomene dergestalt verändern kann, daß ihre Constanz und Sicherheit so gut als gänzlich verloren geht. Die phantastischen Gesichtserscheinungen im Wachen, im Rausch, im Traume, im Irresein u. dgl. erhärten dieses, wie wir in der Folge noch sehen werden, auf die mannigfachste Weise.

Die genaue Auffassung eines objectiven Gesichtseindruckes erfordert, 1133
daß ein Bild eine Zeitlang auf einer bestimmten Stelle der Netzhaut verharre. Verkleinert sich die hierzu nöthige Zeitgröße, so sehen wir den Gegenstand in undeutlichen Umrissen oder nebelig oder gar nicht. Aus diesem Grunde entgeht z. B. eine losgeschossene Kugel unserem Blicke. Welches Minimum von Zeit übrigens bei gehöriger Uebung zu einer befriedigenden Auffassung bekannter Objecte gehört, sehen wir am besten bei dem Lesen uns geläufiger Lettern. Las ich nur je eine Zeile größeren Druckes dieses Werkes, so kamen in zehn Versuchen auf je einen Buchstaben im Maximum 4,21, im Minimum 2,34 und im Mittel 3,330 Tertien. Bei dem Durchlesen einer ganzen Seite, die keinen Absatz hatte und bloß mit größerer Schrift gedruckt war, fanden sich für 2629 Buchstaben und Interpunctionszeichen 1 Minute 32 Secunden. Dieses giebt für ein Bild im Durchschnitt 2,10 Tertien. Machte ich denselben Versuch mit einer fortlaufenden Seite Petitdruckes dieser Arbeit, so brauchte ich für 3944 Buchstaben und andere Zeichen 2 Minuten 12 Secunden, mithin für einen Eindruck 2,01 Tertien. Wir können daher im Allgemeinen annehmen, daß wir bei dem raschen Lesen für die Auffassung jedes einzelnen Charakters nur 2 bis 4 Tertien im Mittel nöthig haben.

Diese kleinen Werthe können uns nicht befremden, wenn wir bedenken, daß wir mehrere Buchstaben zu gleicher Zeit mit Deutlichkeit zu fixiren im Stande sind. Fasse ich z. B., was mir leicht wird, in demselben Momente 3 bis 4 zusammen auf, so kommen 6—16 Tertien auf eine Perception, mithin eine längere Zeit, als eine Dauer eines Netzhauteindruckes unter den allergünstigsten Verhältnissen erfordert (§. 1130).

Um die Größe der Bewegung, bei welcher das Bild nebelig und unkenntlich wird, zu finden, befestigte Schmidt einen in 4 weiße und schwarze Felder eingetheilten Würfel an einer Haspel, ließ die letztere schnell drehen und betrachtete das Ganze aus 28,5 Zoll Entfernung. Die ersteren verschwanden bei einer Winkelgeschwindigkeit von 198° 51′, die letzteren bei einer solchen von 265° 8′ in der Zeitsecunde [1]).

Gehen wir nun zu der subjectiven Auffassung der Farben über, 1134
so müssen diese, je nach ihrer verschiedenen Natur, differente Eindrücke auf der Netzhaut veranlassen. Halten wir uns an die Undulationstheorie des Lichtes, welche in den Interferenzerscheinungen desselben und vielen anderen optischen Phänomenen eine so breite Basis und Sicherheit gewonnen hat, so unterscheiden sich die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen von ein-

---

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1459.

ander durch die Länge ihrer Undulationen und die Zahl der Schwingungen des Lichtäthers, die auf die Secunde kommen. Setzen wir nämlich diejenige Färbung, welche in ersterer Beziehung die kleinsten, in letzterer die größten Werthe giebt, nämlich das äußerste Violett = 1, so erhalten wir für diese Verhältnisse folgende Uebersicht[1]):

Farbe.	Lichtwellen.	
	Länge derselben, die des äußersten Violett = 0,0000167 engl. Zolles = 1 gesetzt.	Relative Zahl der Schwingungen in der Secunde, die des äußersten Violett = 727 Billionen = 1, bei einer Geschwindigkeit des Lichtes von 192000 Meil. in der Secunde.
Aeußerstes Violet.	1,0000	1,0000
Violett.	1,0419	0,9615
Mittlere Farbe.	1,0839	0,9244
Dunkelblau.	1,1078	0,9051
Mittlere Farbe.	1,1317	0,8858
Blau.	1,1736	0,8556
Mittlere Farbe.	1,2156	0,8253
Grün.	1,2635	0,7937
Mittlere Farbe.	1,3114	0,7634
Gelb.	1,3593	0,7359
Mittlere Farbe.	1,4072	0,7111
Orange.	1,4371	0,6960
Mittlere Farbe.	1,4730	0,6809
Roth.	1,5330	0,6575
Aeußerstes Roth.	1,5928	0,6300

Wir sehen mithin, daß die Länge der Lichtwellen in der Farbenskala um etwas mehr als ½ oder beinahe ⅗ zunimmt, während sich umgekehrt die Zahl der Oscillationen des Aethers in der Secunde in gleichem Maaße verringert. Wenn nun die Lichtstrahlen mit einer dieser eigenthümlichen Welleneigenschaften die Netzhaut treffen, so müssen sie eine bestimmte Beschaffenheit des Eindruckes, d. h. die Perception einer gewissen Farbe veranlassen. Hierbei wird es wieder für den Endeffect vollkommen gleichgültig bleiben, ob diese Einwirkung der Lichtwellen durch äußere oder innere Verhältnisse in einer gewissen eigenthümlichen Weise modificirt wird. Wir haben daher auch hier ein objectives und ein subjectives Farbensehen.

1135 Denken wir uns, daß die Lichtoscillationen die Netzhaut in ähnlicher Art, wie die Schallwellen der Luft ein musikalisches Instrument in

[1]) Diese Tabelle ist nach den von Herschel vom Licht (übersetzt von Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 307) gegebenen Grundwerthen berechnet.

Schwingungen versetzen und zur Resonanz, d. h. zur subjectiven Wahrnehmung der Farbe bringen, so muß die Tönung je nach Verschiedenheit der Netzhäute ungleich ausfallen. Sie wird sich bei der geringsten Abweichung der Molecule ändern, ungefähr wie zwei gleiche Instrumente aus denselben Ursachen einen unterscheidbaren Timbre hervorrufen. Es kann daher kaum je ein Mensch die Farben so wie ein anderer wahrnehmen. Die hierdurch entstehenden Dissonanzen aber werden dadurch, daß sie sich durch die ganze Anschauung und die Sprach- und Ausdrucksweise des Individuums durchziehen, fast gänzlich verdeckt und kommen nur höchstens bei einzelnen frappanten Gegenständen zum Vorschein. Denn wenn z. B. eine Person ein reines Grün, die andere dagegen ein gelbliches Grün unter den gleichen Verhältnissen wahrnimmt, so bezeichnen es beide mit denselben Worten. Erst charakteristische Farbenmischungen, bei welchen der Zusatz des Gelb in der Auffassung des Ganzen von Einfluß ist, sind im Stande, Fehler und Unvollkommenheiten der Art nachzuweisen. In der That zeigt auch keine Thätigkeit des Sehens so viele Abweichungen als eben die Wahrnehmung der Farben. Sie gelangt aber auch bei den meisten Menschen so wenig zum Bewußtsein, daß der größte Theil der Individuen, welche an unrichtiger Farbenauffassung leiden, ihr ganzes Leben hindurch von solchen Infirmitäten, so lange sie unbedeutend sind, nicht die geringste Ahnung erhalten.

Eigenthümliche bedeutende Fehler der Art sind im Ganzen nicht sehr selten. Manche Menschen z. B. sehen Weiß, Gelb, Rothgelb, Gelbroth, Grau und Schwarz ganz gut, können dagegen nicht Rosenfarben, Blau und Violett, so wie Grün und Dunkelorange und vorzüglich Rothbraun von einander unterscheiden (Göthe)[1]. A. Seebeck[2], dem man die ausführlichsten Untersuchungen in dieser Beziehung verdankt, nimmt vorzüglich zwei Hauptklassen an. Bei der einen werden bedeutende Verwechselungen rücksichtlich des Grades, geringere dagegen in Betreff der Art der Färbung begangen. Solche Individuen unterscheiden z. B. nicht helles Orange und reines Gelb; gesättigtes Orange, helles Gelblich- oder Bräunlichgrün und Gelbbraun; reines Hellgrün, Graubraun und Fleischfarben; Rosenroth, Grün (mehr bläulich als gelblich) und Grau; Carmoisin, Dunkelgrün und Haarbraun; Bläulichgrün und unreines Violett; Lila und Blaugrau; Himmelblau, Graublau und Blaulila. Alle diese Personen empfinden den specifischen Eindruck der Farben mangelhaft und zwar Roth nebst dem complementären Grün am unvollkommensten. Für Gelb haben sie noch die meiste Empfänglichkeit, unterscheiden jedoch selbst dieses weniger scharf als Leute mit gesunden Augen. Bei einer anderen Klasse von Menschen dagegen, welche zum Theil die von Göthe sogenannte Akyanoblepsie darbieten, ist die Perception der am wenigsten brechbaren Strahlen am meisten geschwächt. Sie erkennen daher Gelb sehr gut, und unterscheiden Roth und Blau weit unvollkommener, als jene zuerst erwähnten Individuen. Sie verwechseln Hellorange, Grünlichgelb, Bräunlichgelb und reines Gelb; lebhaftes Orange, Gelbbraun und Grasgrün; Ziegelroth, Rostbraun und Dunkelolivengrün; Zinnoberroth und Dunkelbraun; Dunkelkarminroth und Schwärzlichblaugrün; Fleischroth, Graubraun und Bläulichgrün; mattes Bläulichgrün und Grau (etwas bräunlich); unreines Rosa (etwas gelblich) und reines Grau; Rosenroth, Lila, Himmelblau und Grau (etwas ins Lila fallend); Carmoisinroth und Violett, endlich Dunkelviolett und Dunkelblau. Vergl. J. Butter in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. VI. 1822. 8. p. 135—41. Auch über solche Fehler s. Szokalski essai sur les sensations des couleurs dans l'état physiologique et pathologique de l'oeil. Paris, 1841. 8. p. 57 fgg. Aehnliche individuelle Eigenthümlich-

[1]) Farbenlehre Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1812. 8. S. 103—108.
[2]) Poggendorff's Annalen. Bd. 42. Leipzig, 1837. 8. S. 177—234.

keiten bedingen es auch, daß manchen Malern das Gefühl für Harmonie der Farben, für leise Gegensätze und Uebergänge derselben abgeht, während andere besonders warme oder kalte Töne ihren Zeichnungen verleihen. Manche Amblyopische erkennen zwar noch die Gegenstände, sehen aber lebhafte Farbenbilder wie Löcher. Siehe Szokalski a. a. O. p. 23.

Einzelne unrichtige Auffassungen der Art können auch durch erworbene Krankheiten des Auges bedingt werden. Staarkranke mit bedeutender Trübung der Krystallinse nehmen bisweilen einen rothen Schein wahr [1]), sehen dagegen die Objecte unmittelbar nach der Operation häufig blau gefärbt (Sichel und Szokalski) [2]). Gelbsüchtigen erscheinen nicht selten weiße Gegenstände gelb und gefärbte in Farbennüancen, die einer Beimischung von Gelb entsprechen. Bei manchen organischen Veränderungen der brechenden Medien oder krankhaften Affectionen der Netzhaut selbst stellt sich eine so bedeutende Chromasie des Auges ein, daß die Farbenränder der selbst in der natürlichen Sehweite wahrgenommenen Objecte auffallender und störend werden. Man bezeichnet einen solchen Zustand in der Augenheilkunde mit dem Namen der Chrupsia oculi. Ob der Umstand, daß die Sonne oder der Mond einzelnen Luftschiffern blutroth erschien, hierher gehöre (Göthe) oder nicht, steht dahin. Ueber die Farbenauffassung von Albinos siehe G. T. L. Sachs historiae naturalis duorum Leucaethiopum Particula secunda. Erlangae, 1812. 8. p. 74 fgg.

1136 Die Beurtheilung des Lichtes und Schattens so wie der einzelnen Farbensäume hängt auf eine wesentliche Weise von der Beleuchtung und Färbung benachbarter Gegenstände ab. Bei stärkerem Lichte z. B. erscheinen uns Objecte grau, die uns früher als weiß vorkamen. Legt man eine weiße Oblate auf helles weißes Postpapier und dann auf graues Schreibpapier, so kommt sie den meisten Menschen im ersteren Falle grauer oder unreiner weiß vor. Jedoch giebt es auch Einzelne, bei denen gerade der entgegengesetzte Erfolg eintritt. Aus denselben Ursachen heben sich dunkle Farben auf hellem Grunde und umgekehrt am meisten. Daher auch Kinder, wilde Völker und überhaupt auf keiner hohen Civilisationsstufe stehende Menschen solche Farbencontraste in ihren Kleidungen, Zeichnungen u. dgl. vorzugsweise lieben. In allen solchen Fällen werden die aliquoten Theile der Netzhaut zu sehr ungleichen Resonanzen angeregt. Die Differenz der Empfindung tritt schärfer hervor. Die Retina arbeitet angestrengter und ermüdet daher auch leichter. Das gebildete Auge zieht deshalb solchen Eindrücken die leiseren der allmäligeren Farbenübergänge und der geringeren Gegensätze wenigstens für die Dauer und das Verweilen des Blickes vor.

Ueber die ästhetischen Wirkungen der Farben siehe Göthe Farbenlehre. Thl. I. §. 765 fgg.

1137 Eine große Reihe von subjectiven Farbenerscheinungen entsteht dadurch, daß die überreizte Netzhaut gleichsam ermüdet wird und entweder an den afficirten Stellen selbst oder in deren Nachbarschaft Färbungen erzeugt, welche nicht in den objectiven sichtbaren Gegenständen selbst liegen. Da diese Phänomene, wie alle subjectiven Verhältnisse, nach Individualität und Stimmungszuständen variiren, so nannte man sie auch zufällige, accidentelle, physiologische oder pathologische Farben oder Ocularspectra. Kranke, sehr reizbare Augen, Netzhäute, welche in Gefahr stehen, gelähmt zu werden oder amaurotische Leiden hervorzurufen,

---

[1]) Göthe a. a. O. S. 132.
[2]) V. Szokalski essai sur les sensations des couleurs. Paris, 1841. 8. p. 132.

bringen diese Erscheinungen, welche auch durch Uebung und Aufmerksamkeit besser als sonst aufgefaßt werden, am leichtesten und intensivsten hervor. Eben so hat auch auf sie der actuelle Zustand der Irritabilität der Retina einen wesentlichen Einfluß.

Was das letztere betrifft, so giebt sich dieses schon bei dem gewöhn- 1138
lichen Sehen der Gegenstände überhaupt deutlich zu erkennen. Haben wir eine Zeitlang im Finstern verweilt und kommen plötzlich ins Helle, so afficirt uns schon das Tageslicht in bedeutendem Maaße, während uns ein helles Sonnenlicht heftig blendet. Der Grund davon liegt darin, daß die Perception der Netzhaut, wie jede andere Nervenempfindung, relativ ist (§. 139). Während des Aufenthaltes im Dunkeln hat sich unser Auge nur an geringe Reize gewöhnt. Mäßige wirken daher später verhältnißmäßig heftiger, als wenn sie eine Zeit lang die Norm bildeten. Das Umgekehrte findet in Betreff der Schärfe der Auffassung Statt. Treten wir in einen düsteren Raum, so muß sich unser Auge erst allmälig an diese unvollkommnere Beleuchtung gewöhnen, wenn wir einzelne Gegenstände genauer erkennen sollen.

Aehnliche Verhältnisse gelten auch für die Nachbilder, welche durch 1139
anhaltende Betrachtung eines hellen Objectes entstehen. Haben wir z. B. eine Zeitlang ein weißes Fensterkreuz unverwandt angeschaut, schließen dann die Augen und halten mittelst unserer Hände alles äußere Licht ab, so sehen wir das Nachbild in derselben weißen Farbe, die es bei dem objectiven Gesichtseindrucke darbot. Lassen wir dagegen durch die nicht weiter beschützten Augendeckel helles Tageslicht oder Sonnenlicht einfallen, so kehrt sich die Farbe des Nachbildes um und wird grau oder schwarz. Noch deutlicher hat man denselben Erfolg, wenn man den Augapfel plötzlich hinwegwendet und ein glänzend weißes Papier betrachtet. Die früher nicht afficirten Stellen der Netzhaut fassen dann das weiße mit vollster Kraft auf, gegen diese Anschauung sticht aber das Nachbild grau bis grauschwarz ab.

Aehnliche Gesetze wiederholen sich bei den einzelnen Farben. Fixiren 1140
wir eine Zeitlang eine rothe Oblate, welche auf einem weißen Papier liegt, und schieben sie dann fort, so erscheint uns ein blaugrüner Kreis, welcher genau die Größe der früheren Oblate hat. Das Phänomen kehrt auf schwarzem Grunde in ähnlicher Art wieder, nur daß eine längere Fixation nothwendig wird und das Nachbild ein dunkleres Colorit darbietet. Die anhaltende Betrachtung von Orange erzeugt Blau, die von Gelb ein dunkleres Blau, die von Grün ein Röthlichviolett, die von Hellblau Orangeroth, die von Dunkelblau Orangegelb und die von Violett Gelblichgrün im Nachbilde. Man nennt diese zweite Färbung die Ergänzungs- oder complementäre oder entgegengesetzte Farbe.

Das Hauptgesetz, welches diesen Erscheinungen zum Grunde liegt, 1141
läßt sich folgendermaßen ausdrücken. Nimmt man die Breite des vollständigen Sonnenspectrums = 1 an, so suche man in einer Distanz = ½ die Farbe, welche als Ergänzungsfarbe des objectiven gefärbten Gegenstandes

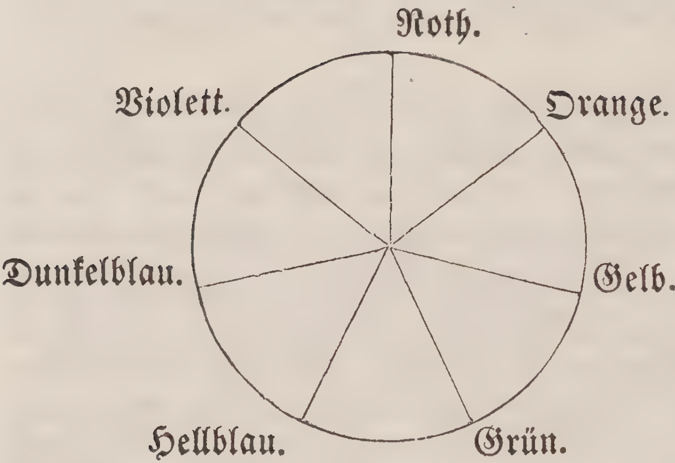


Fig. 184.

auftritt. Wollen wir uns dieses diagrammatisch versinnlichen, so theilen wir einen Kreis durch sieben Radien, die in gleichen Winkeln (von 51°,4285) von einander abstehen und setzen an jeden derselben eine der sieben Hauptfarben des Prismas. Der halbe Kreisbogen wird uns dann von selbst die geforderte Ergänzungsfarbe anzeigen. Beiderlei complementäre Färbungen mit einander gemischt, müssen weiß geben.

Auf gleiche Art können wir aus der oben §. 1134 verzeichneten Tabelle der Zahl der Aetherschwingungen der einzelnen farbigen Strahlen die Ergänzungsfarbe durch eine einfache Rechnung finden. Das äußerste Violette mit seinen 727 Billionen Undulationen = 1 gesetzt, beträgt die äußersten Roth 0,6300. Wir erhalten mithin für die halbe Differenz das Minimum und Maximum 0,1850. Wir haben dann nur nöthig, diesen Werth zu der relativen Schwingungszahl einer bestimmten Farbe hinzuzufügen, um ihre complementäre Farbe zu finden. Auf diese Weise ergiebt sich z. B.

Ursprüngliche Farbe.	Berechnung.	Ergänzungsfarbe.
Roth.	0,6575 + 0,1850 = 0,8425	Blaugrünlich.
Orange.	0,6960 + 0,1850 = 0,8810	Blau.
Gelb.	0,7359 + 0,1850 = 0,9209	Zwischen Dunkelblau und Violett.
Grün.	0,7937 + 0,1850 = 0,9787	Violett bis äußerstes (röthliches) Violett.
Hellblau.	0,8556 — 0,1850 = 0,6706	Zwischen Roth und Orange.
Dunkelblau.	0,9051 — 0,1850 = 0,7201	Zwischen Orange und Gelb.
Violett.	0,9615 — 0,1850 = 0,7765	Gelblichgrün.

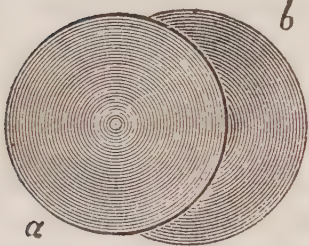
Die ältere Erklärung dieser Erscheinung besteht darin, daß die Netzhaut, wenn sie eine Zeitlang eine Farbe gesehen hat, für die fernere Auffassung von dieser abgestumpft und daher für die Strahlen der Ergänzungsfarbe, d. h. derjenigen, welche mit ihr weiß giebt, empfindlicher wird. Plateau[1]) wandte gegen diese Ansicht ein, daß man auch complementäre Farben in der vollständigsten Dunkelheit sehen könne. Er glaubt daher, daß die Ergänzungsfarben aus einem entgegengesetzten Zustande entspringen, welchen die Netzhaut nach dem Aufhören der unmittelbaren Eindrücke freiwillig annehme. Fech-

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. XXXII. Leipzig, 1834. 8. S. 543.

ner [1]) vertheidigte aber die ältere Vorstellung durch eine Reihe von Schlüssen und Versuchen und hob mit Recht hervor, daß kein sichtlicher Grund für die Annahme einer freiwilligen Reaction der Netzhaut vorliege. Jedoch bedürfen die hierher gehörenden Erscheinungen noch einer genaueren theoretischen, auf einer bestimmten optischen Theorie basirten Erörterung. Das meiste und gründlichste empirische Material über die Ergänzungs- und die bald zu erwähnenden Contrastfarben lieferte Fechner in Poggendorff's Annalen. Bd. XLIV. Leipzig, 1838. 8. S. 221 fgg. und S. 513 fgg. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8. S. 227 fgg. Bd. L. Leipzig, 1840. 8. S. 193 fgg. und S. 427 fgg. Vergl. auch Chevreul de la loi du contraste simultane des couleurs et de ses applications. Paris, 1839. 8. Szokalski a. a. O. p. 57 fgg. Th. Smith in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. III. Edinburgh, 1820. 8. p. 92—100. Plateau in den Annales de Chimie et Physique. Vol. LIII. 1833. 8. p. 386.

Da die Ergänzungsfarbe eine subjective Thätigkeitsäußerung der Netz- 1142
haut bildet und als solche an eine früher gereizte Stelle derselben gebunden ist, so muß sie in dem Gesichtsfelde den Bewegungen des Auges folgen, während gleichzeitig wahrgenommene objective Bilder auf der Retina fortrücken und daher dann von dem farbigen Complementärbilde abweichen. Man kann sich leicht von der Richtigkeit dieses sich selbst ergebenden Schlusses durch folgenden Versuch überzeugen. Man betrachte z. B. eine rothe, auf hellweißem Postpapier gelegene Oblate so lange mit einem Auge, bis man die Ermüdung der Netzhaut und des Bulbus spürt. Verrückt man nun den letzteren nach innen, so sieht man den complementären blaugrünlichen Kreis b zum Theil neben dem rothen objectiven Bilde a. Wo beide Kreise einander decken, entsteht eine Mischungsfarbe, sobald der complementäre Eindruck sehr heftig ist. Bei Menschen dagegen, welche die Ergänzungsfarben überhaupt minder lebhaft sehen, herrscht in der Regel die intensivere objective Färbung vor.

Fig. 185.



Diese Complementärfarben bedingen es bisweilen, daß eine Gesammt- 1143
auffassung in einem veränderten Zustande hervortritt. Wir machen diese Erfahrung am leichtesten, wenn wir uns in einem Sommerhause befinden, das gelbe, rothe, violette Fensterscheiben hat und durch welches nicht selten Gebirgsgegenden einen so reizenden Zauber nachgeahmter Beleuchtung der Morgenröthe oder einer von der Sonne beschienenen Gewitterlandschaft u. dgl. erhalten. Betrachtet man dann die äußeren Gegenstände unmittelbar durch eine Fensteröffnung, so erscheinen sie nicht in ihrer wahren Färbung, sondern in der Ergänzungsfarbe, welche durch die Coloration der Fensterscheiben gefordert wird. Sind z. B. die letzteren gelb, so sieht man nicht bloß den Himmel, sondern auch weiße an ihm stehende Wolken intensiv blau (Trechsel) [2]). Schon nach bloßer anhaltender Betrachtung der Objecte durch gefärbte Gläser stellen sich oft solche Complementärtäuschungen ein. Verdeckt man die einzige, Licht einlassende Oeffnung eines dunkelen Zimmers mit einem grünen Tuche, welches ein kleines Loch hat, so erscheinen durch dieses der Himmel röthlich, das Grün der Bäume

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. XLIV. Leipzig, 1838. 8. S. 514.
[2]) Bibliothèque universelle de Genève 1826. 8.

dagegen weißlich und matter. Das letztere wird, wenn das Tuch roth ist, sehr glänzend, während die rothen Ziegeldächer eine weißliche Teinte annehmen (Grotthuß)[1]).

Hierher wird auch eine von Beer bemerkte chromatische Erscheinung kranker Augen gerechnet. Läßt man nämlich einen Staaroperirten, der schon so weit ist, daß er Farben erkennt, einen gelben auf einem weißen Grunde befindlichen Papierstreifen betrachten, so verschwindet das Gelb nach und nach vor einer intensiv violetten Perception, die zuerst am Rande auftritt, bald aber die ganze objective Farbe absorbirt. Statt Blau erscheint in gleichem Falle Orange und statt Hellroth Grün.

1144 Dieselbe Stelle der Netzhaut, welche vorher übermäßig gereizt worden, reagirte bei den zuletzt betrachteten Erscheinungen der Nachbilder und der Ergänzungsfarben auf eine der Einwirkung entsprechende oder scheinbar entgegengesetzte Weise. Der secundäre Erfolg setzte sich der Zeit nach fort. Allein eine andere Reihe von Erscheinungen erzeugt sich dadurch, daß eine subjective räumliche Verbreitung von Eindrücken auf der Retina Statt findet, d. h. daß benachbarte Retinastellen, welche von dem äußeren Bilde gar nicht afficirt werden, in Thätigkeit gerathen. Auch hier stellen sich dann gleichartige Vergrößerungen oder chromatische Abweichungen des Gesehenen oder beiderlei Verhältnisse zugleich ein. Man umfaßt die bloßen Vermehrungserscheinungen der Eindrücke mit dem Namen der Irradiation (Purkinje, Plateau), die farbigen Phänomene dagegen mit dem der subjectiven Contrastfarben.

1145 Betrachten wir einen Gegenstand außerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite, so entsteht eine Auffassung des Bildes durch Zerstreuungskreise. Die Ränder der Perception dehnen sich in ihrer Undeutlichkeit weiter, als dem richtigen Sehen entsprechen würde, aus. Wir haben hier eine leicht zu erklärende dioptrische Irradiation, welche sich, wenn sie eine bedeutendere Stärke gewinnt, zur Wahrnehmung von Vergrößerungen steigert. Von diesen Phänomenen sind aber die Erscheinungen der rein subjectiven Irradiation, welche bei dem Sehen innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite auftritt, wohl zu unterscheiden. Betrachten wir z. B. ein Kerzenlicht, welches in einem dunkelen Zimmer steht, genau, so dehnen sich Strahlenbüschel von der Hauptflamme nach verschiedenen Richtungen aus. Die Details derselben so wie ihre bisweilen hervortretenden chromatischen Verhältnisse, wechseln aber, je nachdem man die Beobachtung mit dem rechten oder dem linken Auge allein anstellt (Purkinje, Fechner), wenn beide Bulbi ungleichsichtig sind. Aehnliche Erfahrungen machen wir an dem Sonnenbilde, welches an einer Thermometerkugel, an einem geschwärzten Uhrglase u. dgl. aufgefangen wird.

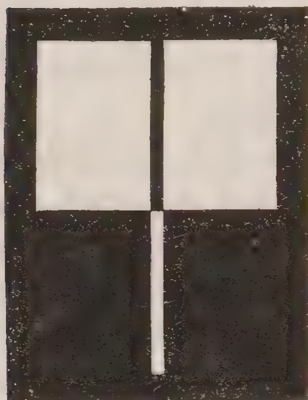
Denken wir uns, daß die Gesichtsthätigkeit der Netzhaut mittelst Resonanzschwingungen, welche durch die eintretenden Lichtwellen bedingt werden, entstehen, so läßt sich ein Mittönen anderer Netzhauttheilchen wohl denken. Diese Nebenwirkung wird aber nur bei stärkeren Eindrücken deutlich zum Vorschein kommen. Daher wächst dann auch die Größe der Irra-

[1]) Brandes in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. IV. Abth. I. Leipzig. 1827. 8. S. 122. 123.

diation mit zunehmender Lichtstärke, erhöht sich dagegen in einem bei wachsender Helligkeit stets abnehmenden Verhältniß (Plateau)[1].

Daß diese Erscheinungen auch auf die scheinbare Größe der Gegen- 1146
stände von Einfluß sind, lehrt folgender von Plateau angegebener Versuch. Man streicht eine Scheibe so an, daß in ihrer oberen Hälfte zwei große weiße Felder durch einen schwarzen Streif, in der unteren dagegen umgekehrt zwei schwarze Abtheilungen durch ein gleich breites weißes Band von einander getrennt werden. Betrachtet man das Ganze bei hellem Lichte in einer nach Verschiedenheit der Augen wechselnden Entfernung, so erscheint der weiße Streifen breiter als der schwarze, weil sein Eindruck und mithin auch seine Irradiation stärker ist. Wir glauben daher, daß die beiden hellen Felder näher an einander als die beiden dunklen liegen.

Fig. 186.



Die Grundphänomene der Contrastfarben zeigen sich am leichtesten, 1147
wenn man farbige Objecte auf weißem, dunklerem oder schwarzem Grunde anhaltend betrachtet. Fixire ich z. B. eine rothe Oblate auf sehr weißem Postpapier, bis das Auge zu ermüden anfängt, so umgiebt sie sich mit einem sich bald vergrößernden blaugrünen Farbensaume, der seinem Colorit nach vollkommen mit der Ergänzungsfarbe übereinstimmt. Bei Orange tritt wieder Blau, bei Gelb Blauviolett, bei Grün Röthlichviolett, bei Dunkelblau ein tingirtes Gelb u. s. w. hervor. Auf schwarzem Grunde kommen die Erscheinungen später, ja bei einzelnen Menschen gar nicht zu Stande. Wendet man den Blick ab, so daß er auf einen anders gefärbten Grund fällt, so zeigen sich mannichfache Abänderungen des combinirten Eindruckes[2]. Das subjective Nachbild wird heller oder dunkler als der Grund, auf dem man es betrachtet, je nachdem das Object verhältnißmäßig dunkler als seine Unterlage ist oder nicht. Um das Nachbild entwickelt sich aber immer seine eigene Complementärfarbe, d. h. die des ursprünglich Angeschauten (Fechner).

In dieselbe Kategorie gehören auch die farbigen Schatten, so- 1148
weit sie überhaupt nur subjectiver Natur sind. Ein Theil derselben nämlich beruht auf einfachen optischen Verhältnissen. Wenn ein Körper in Folge eines farblosen oder farbigen Lichtes einen Schatten wirft und dieser seine Beleuchtung von einem farbigen Lichte erhält, so ist natürlich die farbige Beschaffenheit des Schattens rein objectiver Natur. Läßt man dagegen z. B. Licht durch ein roth gefärbtes Glas auf eine Fläche fallen, erzeugt auf dieser mittelst eines aufgestellten Gegenstandes einen Schatten und beleuchtet ihn durch Tageslicht, so erscheint er grünlich oder vielmehr in der complementären Farbe des Roth. Ebenso zeigt er sich bei Violett, Gelb,

---

[1] Poggendorff's Annalen. Leipzig, 1842. 8. Ergänzungsband. S. 79 fgg. Vergl. auch Tourtual in Müller's Archiv 1842. S. 40.

[2] Eine Reihe von Versuchen und Beispielen der Art siehe bei Fechner in Poggendorff's Annalen. Bd. XXXIV. Leipzig, 1838. 8. S. 532—35.

Blau, Orange in den entgegengesetzten Farben dieses Lichtes. Jedoch ist daneben vorhandenes weißes Licht zu seiner Bildung erforderlich. Im absolut dunklen Raume fehlt daher die Erscheinung (Grotthuß). Nähere Erläuterungen über diese Gegenstände finden sich in: Zschokke die farbigen Schatten, ihr Entstehen und ihr Gesetz. Aarau, 1826. 8. Tourtual über die Erscheinungen des Schattens und deren physiologische Bedingungen, nebst Bemerkungen über die wechselseitigen Verhältnisse der Farben. Berlin, 1830. 8. Pohlmann in Poggendorff's Annalen Bd. XXXVII. Leipzig, 1836. 8. S. 319 fgg.

1149 Eben so kommen auch nicht selten Complementärfarben bei Gelegenheit der chromatischen Erscheinungen, die bei Doppelbildern auftreten, zum Vorschein. Hält man z. B. einen weißen Papierstreifen in einer Entfernung von 8 bis 12 Zoll von den Augen, läßt den einen derselben durch ein Kerzenlicht beleuchten, den anderen dagegen beschatten und blickt nach einem fernen Gegenstande, so erscheint der Papierstreifen doppelt. Das eine Bild stellt sich aber dem beleuchteten Auge blaugrün, das andere dem beschatteten Orange bis Röthlich dar (Smith, Brewster, Brandes, Joh. Müller). Siehe Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Abth. I. Leipzig, 1827. 8. S. 125. Th. Smith in the London and Edinburgh phil. Magazine. 1832. Oct. 249. Müller's Archiv. 1834. S. 144. 45.

1150 Die Nebenbilder, welche bei Anstrengungen der Netzhaut entstehen, können nach sehr heftigen Reizungen ein solches Uebergewicht gewinnen, daß der ursprüngliche objective Gesichtseindruck vor ihnen in den Hintergrund tritt oder sogar gänzlich verschwindet. Fixire ich z. B. eine rothe Oblate auf weißem Postpapier anhaltend, so erscheint zuerst der in §. 1147 erwähnte blaugrünliche complementäre Saum. Die geringste Verrückung des Bulbus bedingt dann die §. 1142 angeführte Wahrnehmung eines zweiten blaugrünlich gefärbten Kreises. Nur in einzelnen Fällen sehe ich, besonders wenn mein Auge schon etwas angestrengt ist, einen schmalen gelbgrünlichen Kreis, welcher die Peripherie der Oblate umgiebt. Hält die Fixation länger an, so entsteht zwischen dem blaugrünen Umkreise und dem der Oblate ein intensiverer, gelblicher, stärker leuchtender Kreis, der bald vollständig, bald unvollständig ist. Auf der Oberfläche der rothen Oblate selbst tritt nach und nach eine Menge glänzender weißlicher Flecke hervor. Das blaugrünliche Complementärbild zeigt sich bei dem Abwenden des Blickes auf weißem oder grauem Grunde mit großer Vollständigkeit und Intensität und gewinnt an Umfang. Wird die Beobachtung noch länger fortgesetzt, so sehe ich die Oblate immer undeutlicher, weil sich die weißen glänzenden Wolken fast über ihre ganze Fläche erstrecken, bis endlich ihr Bild beinahe gänzlich verschwindet. Wenn der Rand glänzender ist, scheint sich zugleich die Oblate mehr zu heben, so daß ich sie für höher halte, als sie mir bei richtigem Sehen vorkommt. Befindet sie sich auf schwarzem Grunde, so bildet sich an ihrem Umkreise ein hellerer Saum, während ihre übrige Fläche dunkler, mit mehr Schwarz bedeckt und daher auch etwas vertiefter erscheint. Diese Ab-

weichungen verursachen mithin auch eine Täuschung in der Perspektive oder der Beurtheilung der Lage der einzelnen aliquoten Theile der noch wahrgenommenen Gegenstände.

Wird das Auge durch die fortgesetzte Anschauung eines sehr leuchten- 1151
den Objectes exceßiv geblendet, so vereinigen sich die Erscheinungen von äußerst intensiven gleichartigen Nachbildern und chromatischen Begränzungen mit einander. Solche Phänomene treten am deutlichsten bei der Betrachtung des aufgefangenen strahlenden Sonnenbildes hervor. Wir haben schon früher (§. 1132) eine von Newton gemachte, hierher gehörende Beobachtung dieses von ihm sogenannten Farben- oder Lichtphantomes erwähnt. Außer Aepinus und zum Theil Fechner hat sich noch Brewster[1]) mit dem genannten, das Gesichtsorgan in hohem Grade anstrengenden Phänomene beschäftigt. Er bildete die Sonne, als sie bei schönem Frühlingswetter an hellem Mittage stand, durch den Concavspiegel eines Reflectors auf weißem Grunde ab, schloß das rechte Auge mit einer Binde und betrachtete die leuchtende Scheibe mittelst eines Tubus mit dem linken Bulbus. Dieser wurde hierauf, nachdem seine Netzhaut stark gereizt war, auf einen weißen Grund geheftet. Das brillante Sonnenbild war dann der Reihe nach von verschiedenen Farbenspectris umgeben, je nachdem die Augenlider geöffnet oder geschlossen wurden. Es ergab sich nämlich:

Augenlider	
geöffnet.	geschlossen.
1) Carmoisinroth von Grün überdeckt.	1) Grün.
2) Orange mit Carmoisinroth vermischt.	2) Blau.
3) Gelblich braun.	3) Bläulich violett.
4) Gelb.	4) Himmelblau.
5) Reines Roth.	5) Dunkelblau.
6) Orange.	

Schon Newton hatte die Bemerkung gemacht, daß das Lichtphantom selbst in demjenigen Auge, welches der Einwirkung des Lichtes nicht ausgesetzt war, mit großer Lebhaftigkeit erscheint. Brewster vervollständigte diese Erfahrung dahin, daß sich das Farbenbild in dem anderen Bulbus zum Theil umkehrt. Die Erscheinung läßt sich noch am ehesten erklären, wenn man einen ähnlichen Vorgang, wie bei der Erzeugung der Contrastfarben auf der Netzhaut, im Gehirn selbst, wo die beiderseitigen Nervenfasern zusammenstoßen, voraussetzt.

Aehnliche Farbensäume treten schon bei großer amblyopischer Reizbarkeit der Retina bei dem gewöhnlichen Sehen ein. Daher auch dann die Auffassung irgend heller Objecte eine Chromasie des Auges bedingt.

Da wir bis jetzt alle Erscheinungen des Sehens nur so auffaßten, als 1152
würden sie nur von einem Auge wahrgenommen, so bleibt uns noch zu

[1]) D. Brewster populäres, vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Hartmann. Quedlinburg und Leipzig, 1835. 8. Bd. II. S. 91.

untersuchen übrig, inwiefern die gleichzeitige Thätigkeit der beiden Bulbi Veränderungen der Gesichtseindrücke bewirkt oder nicht.

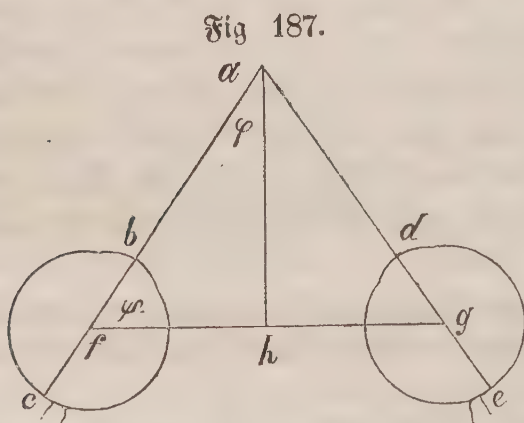
1153 Fixiren wir einen nahen oder entfernten Punkt mit beiden Augen zugleich, so werden sie so eingestellt, daß sich ihre Achsen in dem scharf aufgefaßten Orte durchschneiden, weil sonst eine Perception durch die analogen Stellen der beiden gelben Flecke unmöglich, diese Bedingung aber, wie sich bald ergeben wird, für die Einfachheit der Gesichtsanschauung unerläßlich ist. Hieraus folgt von selbst, daß noch sogar die Bulbi bei der Anschauung des fernsten Gegenstandes convergiren müssen und nie im strengsten Sinne des Wortes parallel, viel weniger divergent werden können. Je näher aber der betrachtete Punkt liegt, um so stärker wird jene Convergenz ausfallen. Es giebt sich daher z. B. bei dem Lesen oder Schreiben ein sehr auffallendes Schielen nach innen zu erkennen. Wir sind auch dieser Verhältnisse wegen im Stande, die Recti interni zu gleicher Zeit in Thätigkeit zu setzen, während dasselbe in Betreff der Recti externi nicht angeht.

1154 Beide Augäpfel werden nur dann, wenn der Gegenstand gerade in der Mitte vor ihnen steht, in gleichem Maaße nach innen gewendet. Findet diese Bedingung nicht Statt, so muß das entferntere Auge weiter nach innen als das andere vorschreiten. Diese Thatsache erläutert uns die so häufige gleichzeitige Zusammenziehung der Recti externus und internus. Auch hier findet im gesunden Zustande kein wahrer Parallelismus, sondern eine größere oder geringere Convergenz Statt, sobald wir einen seitlichen Ort mit beiden Augen zugleich beobachten.

1155 Der Winkel, unter welchem sich die beiden Augenachsen in dem fixirten Punkte durchschneiden, heißt der äußere Convergenz- oder der gemeinschaftliche Horopterwinkel. Seine Größe bildet eine Function der Entfernung des Gegenstandes und des Abstandes des Drehpunktes der beiden Bulbi von einander.

Halten wir uns zunächst, um dieses zu erhärten, der Einfachheit wegen an den Fall, in welchem der Gegenstand a gerade in der Mitte vor den beiden Augäpfeln liegt, so seien bc und de die beiden Achsen der letzteren. Es bildet mithin fag oder bad den äußeren Convergenzwinkel. Der Voraussetzung nach ist ab = ad, folglich auch af = ag. Ist nun der Drehpunkt f oder g des Auges bei den horizontalen Bewegungen constant, so wird er allein unverrückt bleiben, während sich die Augenachsen bc und de verschiedenartig wenden, um sich in dem betrachteten Punkte a zu durchschneiden. Es bleibt daher die Entfernung fg trotz der Veränderungen der Stellung der beiden Bulbi die gleiche. Unter diesen Verhältnissen bildet afg ein gleichschenkeliges Dreieck mit unveränderlicher Basis fg. Es muß daher die Größe des

Fig 187.



äußeren Convergenzwinkels nur noch von den Entfernungen ab und ad oder einem Abstande ab oder ad abhängen. Für die Richtung der Bulbi ist aber der Winkel afg und agf, d. h. derjenige, unter welchem sich die Verbindung der beiderseitigen Drehpunkte und die Augenachsen durchschneiden, maaßgebend. Man belegt ihn daher auch mit dem besonderen Namen des **inneren Convergenzwinkels**.

Alle diese Verhältnisse lassen sich leicht berechnen. Denn fällen wir 1156
das Perpendikel ah (Fig. 187) und nennen den Abstand des Gegenstandes von dem vorderen Ende der Augenachse = ab = ad = d, die Entfernung des letzteren von dem Drehpunkte des Bulbus = bf = dg = e und die Distanz der beiden Drehpunkte = fg = m, so haben wir, da $fh = \frac{m}{2}$ ist, $\sin. \varphi : \sin. tot. = \frac{m}{2} : d + e$, und mithin $\sin. \varphi = \frac{m}{2(d + e)}$. Da nun aber afh ein rechtwinkeliges Dreieck bildet, so muß der innere Convergenzwinkel $\psi = 90^{0} - \varphi$ sein. Hieraus ergeben sich von selbst folgende Normen:

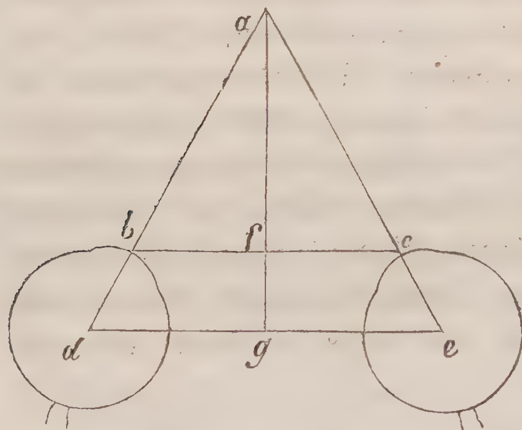
1) Fände keine Convergenz Statt, so müßten beide Augenachsen einander parallel verlaufen. Ihre Abweichung vom Parallelismus, d. h. der Unterschied jedes der beiden inneren Convergenzwinkel von einem Rechten bildet ein directes Maaß ihrer gegen einander gekehrten Stellung.

2) Da der innere Convergenzwinkel die Ergänzung des halben äußeren Convergenzwinkels zu 90^{0} darstellt, so muß auch dieser eine Function der Größe der Drehung der Augäpfel abgeben.

3) Bei jedem einzelnen Individuum bleibt der gegenseitige Abstand der beiden Drehpunkte, so wie die Entfernung des einen von dem vorderen Ende der Augenachse in allen Fällen derselbe. Alle Variationen der Drehung der Bulbi werden dann mithin durch die Entfernung des fixirten Punktes allein bestimmt. Endlich

4) Muß sich $\sin. \varphi$ und mithin auch φ und bad um so mehr verkleinern, je größer der Divisor d wird, d. h. je weiter der fixirte Punkt von dem Auge entfernt ist. Der äußere Convergenzwinkel nimmt um so mehr ab, während sich der innere im entsprechenden Maaße 90^{0} nähert. Es differiren daher dann beide Augenachsen um so weniger von dem Parallelismus.

Fig. 188.



Kenne ich bei einem Individuum den Abstand der beiden Drehpunkte = de = m und die Entfernung derselben von den vorderen Enden der Augenachsen = bd = ce = e, so läßt sich der nach der Größe der Entfernung wechselnde nothwendige Werth der Drehung beider Bulbi berechnen. Ich bediente mich aber, um die Grundzahl de = m zu finden, folgendes Verfahrens. Firirte ich eine leuchtende Stelle a, z. B. den Kopf einer dünnen Nadel, welche von der Mitte zwischen beiden Augenachsen = af, 28,5 Centimeter = 0,878175 pariser Fuß abstand, mit

beiden Augen zugleich, so betrug die Entfernung der Mitten der Hornhäute = bc = 6,3 Centimeter = 0',193942. Fällen wir nun die Senkrechte afg, so ist, da ab = ac, bf = $\frac{bc}{2}$ = 0',096971. Wir haben daher in dem rechtwinkeligen Dreiecke abf die Hypothenuse ab = $\sqrt{(0,878175)^2 + (0,096971)^2}$ = 0',883513. Nach §. 1012 war aber bd im Durchschnitt = 5''',29 = 0',036736. Mithin ad = 0',920249. Da die Dreiecke abf und adg einander ähnlich sind, so haben wir ab : bf = ad : dg und mithin $dg = \frac{m}{2} = \frac{ad \times bf}{ab} = \frac{0,920249 \times 0,096971}{0,883513}$ = 0',10100 [1]). Der gegenseitige Abstand der Drehpunkte meiner beiden Bulbi beträgt hiernach 0',20200 oder 2,424 oder beinahe 2½ pariser Zoll.

Ist aber m = 0',202 und e = 0',036736, so haben wir für jede beliebige Entfernung d von dem vorderen Ende der Augenachse: der Sinus des halben äußeren Convergenzwinkels = dem Cosinus des ganzen inneren Convergenzwinkels = $\frac{0,101}{d + 0,036736}$. Hieraus ergeben sich z. B. für die verzeichneten Distanzen folgende Werthe:

In pariser Fuß ausgedrückter Abstand des leuchtenden fixirten Punktes von dem vorderen Ende der Augenachse.	Convergenzwinkel der beiden Bulbi äußerer.	Convergenzwinkel der beiden Bulbi innerer.	Abweichung der Augenachsen vom Parallelismus oder Unterschied des inneren Convergenzwinkels von 90°.
⅓ (= 4'')	30° 32' 0''	73° 44' 0''	15° 16' 0''
1	10° 70' 54''	84° 24' 33''	5° 35' 27''
10	1° 9' 12''	89° 25' 24''	0° 34' 36''
100	0° 6' 56''	89° 56' 32''	0° 3' 28''
1000	0° 0' 56''	89° 59' 32''	0° 0' 28''
12000	0° 0' 3'',4	89° 59' 58'',3	0° 0' 1'',7
96000	0° 0' 0'',4	89° 59' 59'',8	0° 0' 0'',2

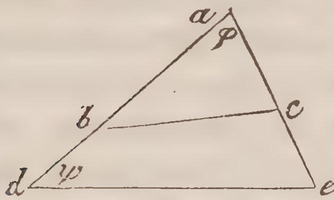
Wir sehen also hieraus, daß meine Augen schon bei einem Abstande des fixirten Punktes von 10 Fuß jederseits nur ungefähr um ½ Grad von dem Parallelismus abweichen und der Convergenzwerth weiterhin so klein ausfällt, daß wir ihn bei unmittelbarer Anschauung kaum merken und unsere Augen für wahrhaft parallel halten, obgleich sie es in dem angenommenen Falle nie werden können. Der äußere Convergenzwinkel aber würde hiernach an der Grenze des deutlichen Sehens ungefähr ⅓ eines Rechten betragen.

1157 Liegt der betrachtete Gegenstand seitlich von der Mitte der durch den Zwischenraum zwischen beiden Drehpunkten gegangenen Senkrechten entfernt und dem einen Auge näher als dem anderen, so bilden natürlich die zwei verschiedenen Abstände von den vorderen Enden beider Augenachsen die Bestimmungsglieder des inneren sowie des äußeren Convergenzwinkels. Ist dagegen der eine Bulbus so gestellt, daß seine Achse mit der beide Drehpunkte verbindenden Linie einen rechten Winkel bildet, so vereinfacht sich die Sache wiederum, indem man dann bloß den Abstand des leuchtenden Punktes von dem vorderen Ende der Achse des einen oder des

[1]) Der genauere den späteren Berechnungen zum Grunde gelegte Logarithmus dieser Zahl gleicht 0,0043342 — 1.

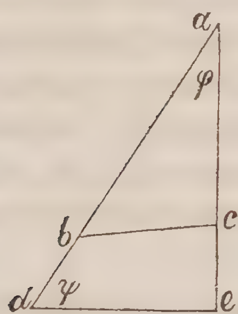
anderen Bulbus zu kennen braucht, um den äußeren Convergenzwinkel und den inneren des stärker gedrehten Auges zu finden.

Fig. 189.



Denn gesetzt, der leuchtende Punkt a befinde sich in den verschiedenen Distanzen ab und ac, so kennen wir in dem Dreiecke ade, da bd = ce bekannt ist, die drei Seiten ad, ae und de und sind daher im Stande, den äußeren Convergenzwinkel φ und den inneren ψ zu berechnen. Nehmen wir an, ab sei = 1 Fuß und ac = 1,1 Fuß, so haben wir, da de = 0′,202, $\varphi = 9^{0}\ 16'\ 24''$ und $\psi = 114^{0}\ 55'\ 40''$.

Fig. 190.



Steht aber ae oder die Verlängerung der einen Augenachse auf de senkrecht, so brauchen wir nur ac oder ab zu kennen, um φ und ψ zu berechnen. Denn machen wir wieder bd = ce = e und de = m, so haben wir $\text{tang.}\,\varphi = \frac{m}{ac + e}$ und $\sin.\,\varphi = \frac{m}{ab + e}$. Gesetzt, ac gliche dann 1 Fuß, so erhalten wir $\varphi = 11^{0}\ 14'\ 8''$. Folglich $\psi = 90^{0} - \varphi = 78^{0}\ 45'\ 52''$.

Alle solche Bestimmungen gelten natürlich nur für ganz gesunde und gleichartig thätige Augen.

Das wichtigste hierher gehörende Problem bildet die 1158
Lösung der Aufgabe, weshalb wir einen Punkt, den wir mit beiden Augenachsen gleichzeitig fixiren, einfach und nicht doppelt wahrnehmen. Da diese Verhältnisse des Einfachsehens mit zwei Augen die Physiker, Physiologen und Psychologen seit Jahrhunderten beschäftigt haben und die Ursache der Erscheinung bis jetzt noch auf keine vollkommen sichere Weise ermittelt ist, so kann es uns nicht wundern, wenn die verschiedensten Erklärungsweisen dieser Thatsache vorliegen.

1) Man suchte die ganze Aufgabe dadurch zu eliminiren, daß man annahm, wir sähen in der That nie mit beiden Augen zugleich, sondern fixirten einen bestimmten Punkt zu der gleichen Zeit nur mit dem einen Bulbus (Gassendi, Leclerc, Gall, Neumann)[1]. Diese Hypothese widerlegt sich schon durch die Convergenz der Augäpfel, welche in solchen Fällen eintritt, von selbst. Nur Menschen, die auf einem Auge äußerst kurz- oder schwachsichtig sind, abstrahiren von der Thätigkeit dieses Bulbus, sobald der aufzufassende Gegenstand außerhalb des Bereiches der Wirkung des kranken Organes liegt. Ja dieses Verhältniß kann so weit gehen, daß Individuen, die auf einem Auge erblindet sind, ihre Infirmität Jahre lang nicht merken und sie erst erfahren, wenn sie etwas mit ihrem kranken Bulbus allein auffassen wollen. Sehen wir aber in der Zerstreuung mit beiden Augen zugleich, ohne sie zu einer einfachen Anschauung zu combiniren, so stellen sich uns, vorzüglich wenn beide Bulbi ungleich kurz- oder weitsichtig sind, Doppelbilder dar, die sogar verschieden gefärbt, z. B. das eine bläulich, das andere gelblich sein können[2]. Bei vollkommen gleichkräftigen Augen dagegen findet etwas der Art nicht Statt. Die näheren Beweise dieses Ausspruches werden sich aus dem

---

[1]) Siehe A. Prevost Essai sur la théorie de la vision binoculaire. Genève, 1843. 4. p. 4.

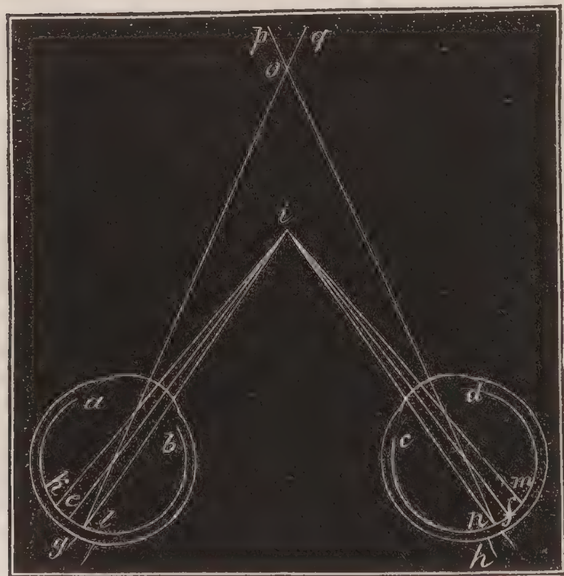
[2]) Steinheim in Hecker's neuen wissenschaftlichen Annalen. Bd. III. Berlin, 1836. 8. S. 270—80.

Folgenden von selbst sowohl für die subjectiven, als objectiven Gesichtserscheinungen ergeben.

2) Man nahm an, daß wir überhaupt nur einfache Empfindungen von doppelten Eindrücken erhalten, welche paarige Organe unseres Körpers in analoger Weise afficiren. Diese zum Theil richtige Voraussetzung weicht von der Wahrheit ab, sobald wir sie nicht genauer specialisiren und vorzüglich wenn man sich zu gleicher Zeit auf die Perceptionen des Tastsinnes beruft [1]). Denn wir fühlen zwei Stellen, die wir genau mit den entsprechenden Punkten unseres rechten und linken Zeigefingers betasten, als zwei discrete Eindrücke. Nehmen wir aber nicht mehr eine Entfernung zweier einzelner Orte als solche, sondern als eine Auffassung wahr, so liegt dieses, wie sich später ergeben wird, nur darin, daß die Distanz in Verhältniß zur Empfindlichkeit der Haut zu klein ist. Ueberdies bliebe noch das zum Grunde gelegte Axiom, daß symmetrische Punkte unseres Körpers zu einer einfachen Anschauung führen, seinen ursächlichen Verhältnissen nach zu erörtern.

3) Man sucht zuvörderst auf dem Wege der Beobachtung zu ermitteln, welche gleichzeitig afficirten Netzhautstellen eine einfache Wahrnehmung liefern und welche nicht. Drücken wir z. B. beide Augäpfel, während die Lider geschlossen sind, oben oder unten an entsprechenden Stellen, so erhalten wir doppelte Feuererscheinungen, indem die linke aus den schon früher angeführten Gründen der rechten Netzhaut und umgekehrt entspricht. Das gleiche Resultat erfolgt, wenn der Druck zwei analoge äußere oder innere Stellen beider Bulbi trifft. Dagegen sieht man nur ein Feuerbild, wenn man den einen Augapfel außen und den anderen an einer entsprechenden inneren Stelle der gleichen Einwirkung aussetzt. Es giebt mithin, wie schon Alhazen im zwölften Jahrhundert wußte [2]), gewisse correspondirende Punkte beider Retinae, welche einen bloß einfachen Eindruck hervorrufen. Man nennt diese die correspondirenden oder identischen Stellen der Netzhäute.

Fig. 191.



Machen wir uns aber diese Verhältnisse anschaulicher, so seien ab und cd die beiden Netzhäute, g und h die Sehnerven, ie und if die Augenachsen, dann werden, wie sich von selbst versteht, e und f identisch sein. Um aber die anderen Identitätsstellen zu finden, brauchen wir uns nur den inneren Punkt c auf den äußeren a und d auf b gelegt zu denken. Es werden daher

---

[1]) Siehe z. B. J. F. W. Herschel vom Licht. Aus dem Englischen übersetzt von J. C. E. Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 156. 157.

[2]) A. Prevost a. a. O. p. 6.

k und n und l und m den Charakter der Identität an sich tragen. Denn bildet i keinen bloßen mathematischen, sondern einen physikalischen leuchtenden Punkt, so wird er nicht nur das eine Lichtbündel eif, sondern auch gleiche seitliche kin und lim aussenden. Rückt aber ki an dem linken Auge seiner schiefen Stellung wegen nach außen von e, so kommt es in dem rechten nach innen von f zu stehen. Wären daher k und m identisch gewesen, so war ein Doppelsehen des Punktes i unvermeidlich. Sie wird nur dadurch, daß die Correspondenz eine entgegengesetzte ist und daher k und n einander entsprechen, vermieden.

Daß diese Beziehungen Statt finden, scheint auch ein einfacher objectiver Sehversuch zu beweisen. Fixiren wir z. B. einen Glasstab oder einen Finger i mit beiden Augenachsen, so daß sie sich in i schneiden, und halten einen zweiten Finger o gerade hinten in der Mitte zwischen beiden Bulbis in einer Entfernung, welche der Auffassung von i nicht mehr entspricht, so wird o doppelt gesehen, weil sein Bild auf l und n, d. h. auf zwei innere von e und f gleich entfernte, aber eben deshalb nicht identische Punkte fällt. Umgekehrt zeigt sich bei der Fixation von o das Bild zweifach, weil seine Strahlen auf äußere Stellen der Netzhaut gelangen. Steche ich mittelst einer Stecknadel in ein Papier zwei Löcher ein, die 4 Centimeter = 1,47 par. Zoll von einander entfernt sind, so rücken sie bei einem mittleren Abstande von 10 bis 11 Centimeter vom Auge deutlich zusammen. Dieses verstärkt sich bei immer größerer Nähe, bis ich endlich bei ungefähr 5 bis 6 Centimeter nur ein einfaches Loch erblicke und durch dieses das Sonnenbild, das Fenster eines gegenüberstehenden Hauses oder sonst einen fernen Gegenstand aufzufassen im Stande bin [1]). Dieses Verhältniß bleibt, wenn das Papier noch mehr dem Auge genähert, nach der einen oder der anderen Seite hin geschoben, oder das eine Auge geschlossen wird. Stehen beide Löcher senkrecht über einander, so erblickt man zwar ebenfalls in zu großer Nähe bloß eines derselben. Allein dieses bleibt nur nach dem Schlusse des einen Auges unverändert, verrückt sich dagegen nach dem des anderen von seinem Platze. Legt man die Kante einer Karte gerade in die Mitte zwischen beide Augäpfel und hält zwei Stecknadeln 4 Centimeter von ihrem Anlagerungspunkte entfernt in gleicher Höhe und symmetrisch, so erscheinen ihre Doppelbilder fast einfach, sobald man einen hinreichend fernen Gegenstand fixirt [2]).

Aus ähnlichen Gründen treten Doppelbilder auf, sobald beide Bulbi disharmonisch verschoben werden. Daher auch Personen, die z. B. plötzlich willkürlich oder unwillkürlich schielen, an Doppeltsehen leiden.

Diese Theorie der identischen Stellen der beiden Netzhäute ist jedoch nicht so absolut sicher und befriedigend als es auf den ersten Blick scheint. Wheastone suchte sie durch Beobachtungen, welche sich auf die perspec-

---

1) Vergl. J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag, 1823. 8. S. 145—54.

2) Siehe R. Hasenclever Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Berlin, 1842. 8. S. 95. 96.

tivische Auffassung der einzelnen Objecte beziehen, zu entkräften, construirte zu diesem Zwecke einen eigenen Apparat, das sogenannte Stereoskop, durch welches zwei entsprechende perspectivische unter einander flächenhaft verschiedene Zeichnungen, die von jedem Bulbus isolirt aufgefaßt werden, körperlich erscheinen, und bemühte sich zu zeigen, daß in manchen Fällen correspondirende Netzhautstellen zweifache, von einander verschiedene Anschauungen geben. Brücke, Tourtual und Alex. Prevost dagegen suchten darzuthun, daß die von Wheastone hervorgehobenen Beobachtungen die Annahme identischer Netzhautstellen eher unterstützen als widerlegen [1]). Ebenso bemühte sich Hasenclever [2]) zu beweisen, daß die Identität der beiden Netzhautstellen, die einen Eindruck liefern sollen, keine absolute oder streng mathematische sein könne. Allein abgesehen hiervon ergiebt sich bei genauer Betrachtung von selbst, daß die ganze Hypothese der Identität der Retinäorte keine solche Schärfe der Durchführung gestattet, wie sie mit Recht von einer genügenden Theorie gefordert werden kann. Denn wollte man sie etwa in dem Sinne auffassen, daß der objective Eindruck, welcher correspondirende Netzhautpunkte trifft, ein einfacher sei, so wäre eine solche Vorstellung entschieden unrichtig. Schon bei dem oben erwähnten Versuche mit den 4 Centimeter von einander abstehenden Oeffnungen, welche zu nahe betrachtet werden, gelingt es uns nicht selten, die beiden seitlichen außer der mittleren einfachen wahrzunehmen. Rollen wir uns zwei Blatt Papier cylindrisch ein und bringen jede der beiden Röhren vor ein Auge, so erscheinen ihre beiden Oeffnungen nur so lange doppelt als die Convergenz innerhalb gewisser Grenzen bleibt. Ueber diese hinaus decken sich die Mündungen und gehen bald zu einer einfachen zusammen. Soll dieser Versuch gelingen, so müssen sehr kurzsichtige Augen auch kürzere Tubi gebrauchen als weitsichtige. Ist aber das eine Auge etwas presbyopischer als das andere, so erscheint uns der dem Ersteren entsprechende Kreis bei dem Uebereinanderschieben etwas ferner als der zweite zu liegen. Noch deutlicher beobachtet man dieses, wenn man in den einen eine geschwärzte und den andern eine glänzende Stecknadel steckt und sich beide durchkreuzen läßt. Stehen sie aber vollkommen entsprechend, so wird sogar die Nadel, welche dem fernsichtigen Auge correspondirt, von der des kurzsichtigeren gedeckt. Diese Thatsachen liefern einen directen Beweis, daß die Einfachheit des Eindruckes erst auf einer subjectiven secundären Combination des Doppeleffectes beruht und wir mithin in Wahrheit doppelt sehen, aber einfach empfinden.

Derselbe Satz bestätigt sich auf eine noch auffallendere Weise, wenn

---

[1]) Siehe das Nähere über diese Verhältnisse, deren Darstellung hier zu weit führen würde, bei Wheastone Philosophical Transactions 1838. p. 371 fgg. Poggendorff's Annalen 1839. Ergänzungsband S. 1 — 48. E. Brücke in Müller's Archiv 1841. S. 459 — 76. Tourtual die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoskopischen Bilde. Münster, 1842. 8. und in Müller's Archiv 1842. S. XIX — XXXVI. Alexandre Prevost essai sur la vision binoculaire. Genève, 1843. 4. p. 23 fgg. und Bibliothèque universelle de Genève. Nov. 1843.

[2]) a. a. O. S. 119. 120.

beide Netzhäute von verschiedenen Farbeneindrücken gleichzeitig afficirt werden. Befestige ich in dem einen Tubus eine blaue, in dem anderen eine gelbe Oblate, so daß jede von ihnen die Oeffnung vollständig ausfüllt, so verschwindet mir häufig bei der gehörigen Convergenz diejenige, welche dem weitsichtigen Auge entspricht, gänzlich aus dem Gesichtsfelde. Ich kann aber leicht bei einiger absichtlicher Anstrengung die, welche dem presbyopischen Auge angehört, allein erblicken oder beide gewissermaßen zusammen oder hinter einander wahrnehmen. Ich sehe dann z. B. die blaue vollständig und einen Sectorabschnitt der gelben vor oder hinter dieser oder beide erscheinen nur theilweise oder sie zeigen sich selbst vollständig und die eine, wiewohl sie undurchsichtig ist, gleichsam durch und hinter der anderen. Wenn bloße Bogentheile der einen Oblate zum Vorschein kommen, so kann ich sie nach Belieben ihrer Ausdehnung nach vergrößern oder verkleinern. Auch bei anderen Farben bleiben die Phänomene die gleichen. Hieraus folgt, daß es einzig und allein von dem Grade des Willens und der Aufmerksamkeit abhängt, welches Auge den Vorzug erhalten, oder ob sogar beide für kurze Zeit auf eine freilich anstrengende Weise gleichzeitig begünstigt werden sollen. Man bezeichnet dieses Verhältniß mit dem Namen des Wettstreites der Sehfelder. Aehnliche Versuche gelingen, wenn z. B. das eine Auge durch ein gelbes, das andere durch ein blaues Glas sieht. So lange keine Ueberreizung oder keine eingreifende Phantasievorstellung Statt findet, mangelt auch die Mischfarbe des Grün (Joh. Müller, Heermann)[1]. Bisweilen jedoch erscheint sie (Huschke, E. H. Weber, Völkers)[2], immer aber undeutlich und verwaschen (Volkmann)[3].

Ob die Identität der beiden Netzhäute eine constante oder nur eine relative sei, bildet noch immer einen Gegenstand des Streites. Wenn nämlich Leute plötzlich zu schielen anfangen, so sehen sie im Anfange doppelt, weil natürlich dasselbe Bild nicht correspondirende Retinäpunkte berührt. Allein früher oder später verliert sich der Fehler, so daß man deswegen angenommen hat, die Identität der Netzhäute werde nun aus Gewohnheit eine andere. Wäre dieses der Fall, so würde dadurch die ganze Theorie derselben, wie man leicht sieht, ihre Basis verlieren. Allein viele Schielende sehen dann nur mit einem Auge und vernachlässigen den Eindruck, welchen der zweite Bulbus mit seinem Doppelbilde liefert. Ist dieses nicht der Fall, so begiebt sich oft der andere bisher gesunde Augapfel in eine abweichende Stellung, um nur die nöthige Identität beider Netzhäute möglichst herzustellen[4]. Wider eine solche Verrückung der Identitätsstellen spricht auch der Umstand, daß jede Veränderung der Correspondenz der Retinä den Winkel, unter welchem die Lichtstrahlen in die Netzhaut eindringen und mithin auch die Gesichtslinien verändern müßte.

---

[1]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 387. 88.
[2]) Müller's Archiv 1838. S 60—69.
[3]) Ebendaselbst S. 375—81.
[4]) Ruete klinische Beiträge. Heft I. S. 300 fgg.

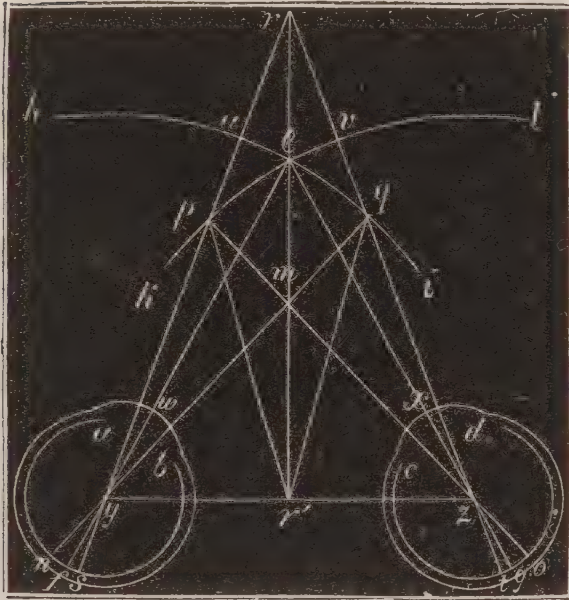
Statuirt man aber auch das Theorem der Identität der Netzhautpunkte als ein approximativ richtiges, so ist hiermit noch nicht das Einfachsehen erklärt. Denn nun fragt es sich erst, weshalb entsprechende Netzhautorte einen einfachen, andere dagegen einen doppelten Eindruck geben. Man hat in dieser Beziehung zu verschiedenen Zeiten die Durchkreuzung der Fasern in dem Chiasma Nervorum opticorum oder im Gehirn oder beiderlei Momente, so wie die gegenseitige Vereinigung der Nervenfasern der identischen Stellen im Centralnervensysteme zu Hilfe gezogen. Jedoch läßt sich über alle solche Vorstellungen so lange kein Urtheil fällen, als der detaillirte Faserverlauf im Gehirn unbekannt ist. Da aber die Lösung dieses Problemes fast zu den Unmöglichkeiten gehört, so wird der organische Grund, weshalb die Anschauungen identischer Netzhautstellen zu einer Auffassung verbunden werden, wahrscheinlicher Weise immer verborgen bleiben. Wir können uns höchstens im Allgemeinen vorstellen, daß der Fortgang der Sehnervenfasern dergestalt angeordnet ist, daß diejenigen, welche identischen Netzhautstellen angehören, symmetrisch in den empfindenden Theil des Gehirnes einstreichen und auf diese Art eine mittlere einfache Richtung der Auffassung resultirt. Endlich

4) hat man auch die Theorie der Muskelideen anzuwenden gesucht (Steinbuch, Hasenclever). Eine Vorstellung der Art, welche dem gegenwärtigen Stande der Physiologie des Auges entspricht, läßt sich folgendermaßen zusammenfassen. Da die beiden Bulbi, wenn sie gemeinschaftlich einen nahen oder fernen Punkt betrachten, in jedem Falle convergiren müssen und der Grad der hierzu nothwendigen Bewegung durch die Entfernung des Objectes bestimmt wird (§. 1155), so bildet die Größe der Energie der beiden Recti interni oder wenigstens eines derselben ein unmittelbares Maaß des in das Auge gefaßten Gegenstandes. Wir versetzen daher auch jede einzelne Anschauung, die wir mit einem Bulbus wahrnehmen, an ihren Ort. Die Bilder beider Punkte aber stoßen auf diese Weise zusammen und werden zu einem Ganzen combinirt. Wir sehen deshalb einfach und vereinigen Reliefzeichnungen verschiedener, aber correspondirender Art zu körperlichen Anschauungen. Hierfür spricht auch, daß Menschen, die ein sehr weitsichtiges und ein sehr kurzsichtiges Auge haben, bei Fixation eines und desselben Punktes mit beiden Bulbis an Doppelsehen leiden. Diese Vorstellung würde ihrer Kürze und Klarheit wegen vor allen anderen den Vorzug haben, wenn sie sich nicht bloß auf das objective Einfachsehen beschränkte. Da nun aber dieselben Erscheinungen bei den subjectiven Gesichtsphänomenen ohne Mithilfe aller Muskelthätigkeit und aller bestimmten Accommodation des Auges wiederkehren, so ergiebt sich hieraus, daß die stets bedenkliche Annahme der Regulirung so wichtiger Thätigkeiten durch den immer der subjectiven Beurtheilung anheimfallenden Muskelsinn der allgemeine Grund der einfachen Wahrnehmung mit zwei Augen nicht sein kann. Es bleibt daher das Axiom der Identität der Netzhautstellen mit der Hypothese des symmetrischen Verlaufes der correspondirenden Fasern im Gehirn, so sehr viele Mängel sie auch darbieten und so wenig sie mit mathematischer Schärfe zu begründen

sein mag, vorläufig eine allgemeinere interimistische Aushilfsvorstellung, die sich in Betreff dieses dunklen Punktes geben läßt.

Denken wir uns, daß sich die Sehweite beider Bulbi für den Augenblick der Fixation auf eine einzige Ebene beschränkt, so müssen alle Punkte, welche diesseits oder jenseits des äußeren Convergenzwinkels oder, wie man sich ausdrückt, des parallaktischen Winkels liegen, doppelt gesehen werden. 1159

Fig. 192.



Denn gesetzt, ab und cd seien die beiden Netzhäute, ef und eg die Verlängerungen der Augenachsen, die sich in e bei einer bestimmten Stellung der Augen schneiden, we und xe oder richtiger ye und ze die beschränkt gedachten linearen Sehweiten, so wird ein Punkt e, der z. B. in der Mitte vor den beiden Drehpunkten y und z liegt, einfach gesehen werden. Ein Punkt m, der sich in derselben geraden Linie me vor e befindet, muß doppelt erscheinen. Denn sein Bild trifft o und n, also nicht identische Stellen. Da nun aber die Grenzen des Sehens für beide Augen die mit ye und ze als Radien beschriebenen Kreisbogen hi und kl sind, so werden die Doppelbilder, die nur mittelst Zerstreuungskreisen und daher undeutlich wahrzunehmen sind, in p und q als den Durchschnittspunkten der Bogen hi und kl und der Verlängerungen von ym und zm gesehen werden. Das linke Bild p entspricht dem rechten Auge und das rechte q dem linken Bulbus. Der weiter als e liegende Punkt r wird zwar ebenfalls als undeutliches Doppelbild aufgefaßt werden, weil es sich wieder auf nicht identische Stellen s und t abspiegelt. Allein sein linkes Bild u correspondirt aus denselben Gründen dem linken Auge, sein rechtes v dem Rechten.

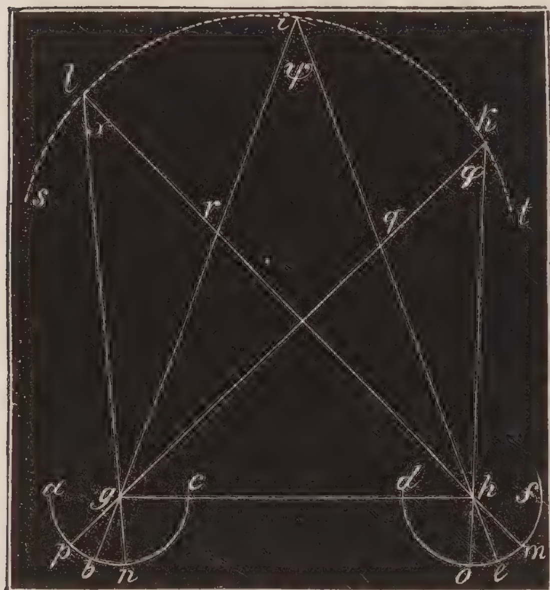
Formuliren wir nun diese Verhältnisse allgemeiner, so erscheinen Gegenstände, die sowohl diesseits als jenseits des mit beiden Augen fixirten Punktes liegen, doppelt. Allein die Lagen derselben sind im Verhältniß zu den beiden Augen umgekehrt, wenn der Gegenstand vor, und entsprechend, wenn er hinter dem Durchschnitt der beiden Augenachsenverlängerungen oder des fixirten Punktes liegt. Der Ort, an welchen die Scheinbilder versetzt werden, wird durch die Sehweite und den Abstand des Netzhautbildes vor der Augenachse oder dem Gesichtswinkel in jedem Auge bestimmt. Das gemeinschaftliche Maaß beider Größen bilden dann Winkel prq und die Halbmesser py und qz.

Wir haben oben der Einfachheit wegen den Fall angenommen, daß die Gegenstände m, e und r in einer Geraden liegen, die sich genau in der Mitte vor den gleichförmig convergirenden Augen befindet, so daß rr' den gegenseitigen Abstand der beiden Drehpunkte yz nicht nur halbirt, sondern auch senkrecht durchschneidet. Allein eben so leicht

lassen sich die Orte der Doppelbilder, wenn selbst diese Bedingung nicht Statt findet, ermitteln. Verschiedene Fälle der Art finden sich bei Hasenclever a. a. O. S. 97 fgg. erläutert.

1160 Mit dem Namen des gemeinschaftlichen Gesichtskreises oder Horopters bezeichnet man diejenige Ausdehnung, welche bei einer bestimmten fixen Sehweite mit beiden Augen zugleich durch die verschiedenen entsprechenden Bewegungen der Bulbi deutlich wahrgenommen werden kann. Diese gemeinsame Parthie bildet natürlich einen Theil jedes Gesichtskreises eines Augapfels. Betrachtet man die Hypothese der Identität der beiden Netzhäute als streng mathematisch richtig und sieht die Bulbi mit ihren Retinis als Kugeltheile an, die sich um ihre Drehpunkte als fixe Punkte bewegen, so läßt sich leicht zeigen, daß der Horopter keine ebene Fläche, sondern, wie Vieth und Joh. Müller annehmen, einen Kreisbogen oder vielmehr, wenn man die verschiedenen horizontalen senkrechten und schiefen Drehungen ins Auge faßt, einen Abschnitt einer Kugelfläche darstellen müßte. Denn gesetzt, abc und def seien die beiden Netzhäute, g und h ihre Centra und der Voraussetzung nach die Drehpunkte der Augen und l, i und k verschiedene Punkte, welche bei den entsprechenden Wendungen der Bulbi mit beiden zugleich deutlich gesehen werden, so müssen die Augenachsen für l in hm und gn, für i in he und gb und für k in ho und gp stehen. Werden aber die Punkte i und k successiv einfach gesehen, so muß $\angle$ pgb $=$ $\angle$ ohe und daher auch als Scheitelwinkel $\angle$ igq $=$ $\angle$ khq sein. Nun ist aus demselben Grunde $\angle$ gqi $=$ $\angle$ hqk, mithin $\varphi = \psi$. Auf dieselbe Art läßt sich zeigen, daß $\psi = x$ ist, d. h. die Winkel, welche durch die Durchschnittspunkte der verlängerten Augenachsen in den deutlich gesehenen Objecten entstehen, sind unter einander gleich. Diese Eigenschaft haben aber Peripheriewinkel eines Kreises, welche auf demselben Bogen stehen. Folglich muß sich durch l, i und k ein Kreisbogen legen lassen. Da aber das Gleiche von allen anderen gleichzeitig mit beiden Augen deutlich gesehenen Punkten gilt, so stellte hiernach der gemeinschaftliche Horopter den Abschnitt einer Kugelfläche dar. Im Gegensatze hierzu suchte Hasenclever zu zeigen, daß der Durchschnitt des Gesichtskreises kein Kreis sein könne. Sind nämlich die beiden Augenachsen gegen die Verbindungslinie der Drehpunkte oder optischen Mittelpunkte der Bulbi gleich geneigt, so bildet die Durchschnittslinie der Horopterfläche mit der Ebene des äußeren Convergenzwinkels eine Ellipse, deren große Achse die Summe der beiden von den Drehpunkten aus gerechneten Sehweiten darstellt und deren Brennpunkte in den beiden Drehpunkten selbst liegen. Findet dagegen eine ungleiche Neigung der Augen-

Fig. 193.



achsen Statt, so kommt eine Curve vierten Grades, ein sogenanntes Oval zu Stande[1]). Der äußere Convergenzwinkel muß aber dann nach Verschiedenheit der Augenstellungen wechseln, und es kann mithin die Lehre von der Identität der beiden Netzhäute keine mathematische Schärfe, die sie allein zu einer genügenden Theorie stempeln würde, besitzen, es sei denn, daß eine noch unbekannte Compensation jenes Mißverhältniß aufhöbe.

Das scheinbar so leicht zu lösende Problem des Einfachsehens mit zwei Augen gehört mithin zu den schwierigsten Aufgaben der Physiologie des Gesichtsorganes und konnte bis jetzt noch keine ganz befriedigende und allseitig genügende Lösung erhalten.

Natürlicher Weise dient der gleichzeitige Gebrauch beider Augen, um die Eindrücke zu vervollständigen. Jedes von ihnen besitzt überdies eine Ausdehnung des Horopters nach außen, dessen Grenze das andere bei noch so starker Wendung nach innen nicht erreicht. Ein Einäugiger hat daher einen kleineren Horopter, als ein Zweiäugiger, der jedes seiner beiden Augen in seinem Maximum spielen lassen kann. Er stößt deshalb auch leichter, wenn er z. B. einen Korb in einem engen Gange auf dem Kopfe trägt, an der Seite des erblindeten Bulbus an. Wir selbst suchen das Sehen mit beiden Augen so sehr als möglich zu benutzen. Stört es uns dagegen, so drücken wir ein Auge zu, um diesen Uebelstand zu vermeiden. Wir thun dieses z. B., wenn wir einen versiegelten und seitlich nur halb geöffneten Brief lesen wollen, weil dann nur die Achse des einen Auges die Buchstaben zu erreichen und zu verfolgen vermag. Dasselbe geschieht, wenn Leute ohne besondere Uebung durch ein Mikroskop oder ein Fernrohr sehen, damit nicht die Bilder des geöffneten Bulbus die durch die genannten optischen Instrumente gelieferten Anschauungen verwirren.

Subjective Gesichtserscheinungen. — Die aufgefaßten Gegenstände befanden sich bei allen bisher erläuterten Phänomenen des Sehens außerhalb des Auges. Sie afficirten die Netzhaut nur dadurch, daß ihre Strahlen die Hornhaut und die übrigen Augenmedien unter gewissen Brechungsverhältnissen durchdrangen und auf solche Art auf die empfindenden Apparate gelangten. Da nun aber innere Theile des Bulbus ebenfalls Lichtstrahlen reflectiren, so müssen auch sie die Fähigkeit besitzen, Eindrücke hervorzurufen. Streng genommen würden wir daher unsere eigenen Augengebilde wenn nicht eben so gut als die äußeren Gegenstände, doch noch zum Theil durch Zerstreuungskreise fortwährend erblicken. Es ergiebt sich aber von selbst, daß eine solche Einrichtung unser objectives Sehen in vielen Fällen gänzlich aufheben oder wenigstens in hohem Grade hindern müßte. Die Natur bedient sich daher zweier Correctionsmittel, um solche Uebelstände zu vermeiden: 1) sind alle Theile, welche vor der Netzhaut liegen, in höchstem Grade durchsichtig, so daß nur die Hornhaut spiegelt, alle anderen Lichtstrahlen dagegen die Augenmedia durchsetzen. Die Schwärzung des Choroidea, der Uvea und des Ciliarsystemes verhüten jeden störenden Reflex. Daher auch Albinos, bei welchen die Pigmentirung der genannten Theile mangelt, wie schon früher erwähnt wurde, an Lichtscheu leiden. 2) aber blieb es trotz dieser Vorsichtsmaßregeln un- 1161

---

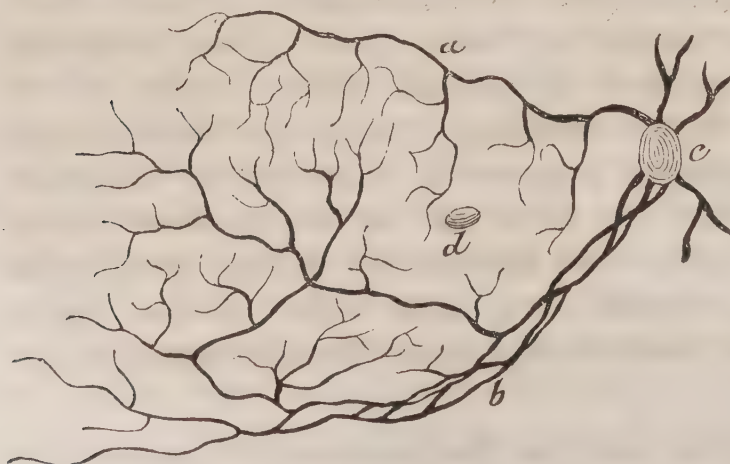
[1]) Siehe das Nähere dieser Sätze und deren Detailausführung in **Hasenclever** a. a. O. S. 105 — 120.

vermeidlich, daß einzelne undurchsichtige oder halbdurchsichtige Elemente, wie Blutgefäße, Nerven, Zellgewebefasern, Epithelien vor der Netzhaut angebracht wurden. Um diesem Uebelstande entgegenzuwirken, ist zuvörderst diejenige Parthie, welche vorzugsweise zum Sehen dient, nämlich der gelbe Fleck von solchen Störungen möglichst befreit. Anders dagegen verhält sich die Sache an dem Sehnervenhügel, der von der Centralarterie und der Centralvene durchbohrt wird. Die Verzweigungen dieser Gefäße verbreiten sich dann auf der Innenfläche der Netzhaut und bilden um die Centralfalte einen Gefäßkranz (Jacobson). Diese undurchsichtigeren Theile beschatten natürlich die Retina. Da sie jedoch das Bereich des indirecten Sehens treffen, so kann schon von vorn herein die durch sie verursachte Störung keine große Bedeutung erlangen. Wird dagegen die Netzhaut durch Ueberreizung in einen höheren und ausgedehnteren Spannungszustand versetzt, so daß sich ihre Thätigkeit nicht bloß auf die Sphäre des gelben Fleckes und der Centralfalte beschränkt, so werden sie allerdings auf das deutlichste sichtbar. Jeder Mensch hat auf diese Weise die Fähigkeit, sich einzelne innere Theile seines Auges zur Anschauung zu bringen. Solche Phänomene entstehen natürlicher Weise noch, wenn man will, durch objectives Sehen. Indem sie aber in dem Innern des Subjectes liegen und daher nur von diesem wahrgenommen werden können, gehören sie in die Kategorie der subjectiven Gesichtserscheinungen.

Die wichtigste Quelle für diese Verhältnisse und die subjectiven Gesichtsphänomene überhaupt bildet die durch Originalität, Scharfsinn und Beobachtungstreue gleich ausgezeichnete Arbeit von J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne oder Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht. Bd. I. Prag, 1819. 8. Zweite unveränderte Auflage. 1823. 8. Bd. II. Berlin, 1825. 8. Da wir nur die wichtigsten hierher gehörenden Thatsachen anführen können, so muß der Leser, welcher sich für diese Erfahrungen näher interessirt, vorzüglich die eben genannte Schrift zu Rathe ziehen.

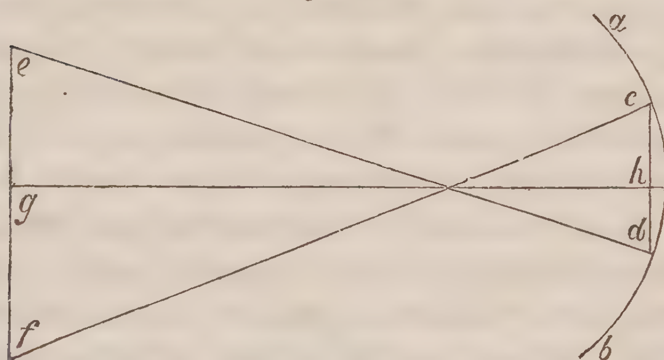
1162 Um die Verzweigung der Centralgefäße oder die sogenannte Aderfigur seines eigenen Auges wahrzunehmen, dient am besten folgende Methode. Man führt in einem dunklen Zimmer, während man den einen Bulbus geschlossen hält und mit dem anderen in den finstern Raum hinstarrt, eine Kerzenflamme in einem Abstande von wenigen Zollen oder überhaupt so nahe als möglich, vor dem geöffneten Augapfel hin und her, so daß die Netzhaut abwechselnd durch das Licht geblendet und von demselben befreit wird. Die beabsichtigten Wirkungen treten alsdann um so früher ein, je empfindlicher oder je geübter sie ist. Es erscheinen nämlich einzelne schwarze Verzweigungen, die sich bald bei hinreichender Fort-

Fig. 194.



setzung des Versuches zu den in beistehender Fig. a und b gezeichneten Stämmen und Verästelungen gruppiren. Oft gelingt es sogar, vollkommene Capillarnetze an und zwischen ihnen wahrzunehmen. Vergleicht man hiermit die Verbreitung der Centralgefäße auf der Oberfläche der Netzhaut, wie sie z. B. in Fr. Arnold Tabulae anatomicae. Fasc. II. tab. III. Fig. 5 und 6 sehr naturgetreu dargestellt ist, so wird man die vollkommenste Uebereinstimmung mit den Verästelungen der Gefäße, vorzüglich der Centralvene in der Nähe der Centralfalte finden [1]). Es wird mithin dann eine größere Umgebung des hinteren Endes der inneren Augenachse durch den Versuch dergestalt gereizt, daß sie selbst leuchtend zum Bewußtsein gelangt. Denn nach den §. 579 dargestellten Gesetzen muß auch die durch Licht übermäßig afficirte Retina als leuchtendes Feld wahrgenommen werden. Die unmittelbar davor liegenden undurchsichtigen Blutgefäße beschatten aber entweder die ihnen entsprechenden Stellen der Netzhaut oder werden selbst als die nächst sichtbaren, leuchtenden Gegenstände wahrgenommen. Jedoch ist die erstere Annahme, wie man bald sieht, aus optischen Gründen die wahrscheinlichere. Sie zeigen sich daher schwarz auf grauem helleren Grunde. Nun versetzen wir die subjectiven Eindrücke nach außen. Angenommen nun, ab sei die Netzhaut und cd ein solcher hindernder Gefäßstamm, so wird er, wenn er in die Entfernung gh übergeführt wird, als ef erscheinen, d. h. wir werden ihn so erblicken, als betrachteten wir ihn durch ein Mikroskop. Wäre die reelle und die scheinbare Dicke der Gefäßstämme bekannt, so ließe sich, wie man leicht sieht, berechnen, wie weit wir das subjective Bild nach außen versetzen. Kurzsichtige oder Augen, die mit Convexlinsen bewaffnet sind, sehen das Gefäßbild eher und besser als weitsichtige [2]).

Fig. 195.



Hinreichend geübte Augen bemerken überdies noch bei genauer Betrachtung dieser Aderfigur zwei andere eigenthümliche Stellen. Verfolgt man nämlich die Gefäßstämme bis zu ihrem Ursprunge, so sieht man einen kreisförmigen Theil c (Fig. 194), d. h. die Eintrittsstelle des Sehnerven. Nach innen von ihm erscheint in einiger Distanz und in der Augenachsenverlängerung oder nahe bei ihr ein etwas querovaler, zum Theil beschatteter vollständiger oder unvollständiger Kreis d, der sich mithin auf der Netzhaut nach außen von dem Markhügel des Sehnerven befindet und,

---

[1]) Die abweichende Deutung dieser Erscheinungen von Wheastone wurden von Brewster in The London and Edinburgh Philosophical magazine. February 1834. 8. p. 115—20 widerlegt.

[2]) Mehrere Modificationen dieses Versuches s. in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. May p. 354—60.

wie seine Lage und Form beweist, das zum Theil beschattete Centralloch ist.

Sind die Blutgefäße des Auges überfüllt und gesellt sich hierzu eine große Reizbarkeit der Netzhaut, so sieht man bisweilen die Aderfigur leuchtend, indem wahrscheinlich ihr geringer Druck schon hinreicht, die Retina an den entsprechenden Stellen zu afficiren. Dieser Versuch gelingt bisweilen, wenn man nach heftigem Laufen, Treppen- oder Bergsteigen in einen dunkelen Raum tritt oder plötzlich unter Wasser taucht u. dgl. Bei sehr angestrengtem anhaltenden Nahesehen zeigen sich mir zahlreiche helle baumförmige Verästelungen, die wahrscheinlich ebenfalls hierher gehören.

1163 Die Erscheinungen, welche man auf die Sichtbarkeit des Blutumlaufes im Auge bezogen hat, sind minder bestimmt und weniger sicher hervorzurufen. Wenn man sehr aufgeregt ist, z. B. Wein getrunken hat, so bemerkt man bisweilen ein allgemeines Pulsiren im subjectiven Gesichtsfelde, oder es entstehen einzelne aufspringende Punkte, die eine Strecke hinfliegen und bald wiederum verschwinden. Ob die letzteren durch Blutkörperchen oder andere Gebilde bedingt werden, steht dahin. Hat man den Kopf eine Zeit lang nach unten gehalten, hebt ihn plötzlich und springt mehrere Male mit verschlossenen Augen in die Höhe, so zeigen sich nicht selten einzelne solcher Lichtpunkte, die eine Strecke weit fortgehen. Bin ich durch Gehen irgend aufgeregt, lehne mich in einem Stuhl schief zurück, wende die geschlossenen Augen gegen den mit Wolken halb bedeckten Himmel oder die Decke eines mäßig erleuchteten Zimmers und drücke leise mit den Zeigefingern auf die Augenlider, so sehe ich in dem rothen Gesichtsfelde ein deutliches Klopfen, das mit meinem Pulse zusammenfällt. Hat man ein weißes möglichst nahe dem Auge gehaltenes Blatt einige Zeit starr fixirt, so bemerken manche Menschen einen weißen durchsichtigen Kreis, der von einem bräunlichen halbdurchsichtigen Ringe umgeben wird. In dem letzteren und zu beiden Seiten des ersteren gewahrt man bisweilen zwei senkrechte Linien, in welchen Reihen von Kügelchen in entgegengesetzten Richtungen fortgehen (Purkinje)[1]. Die letztere Erscheinung stellte sich mir bisweilen leuchtend dar, wenn ich eine Zeit lang in eine Kerzenflamme, die ein sonst dunkles Zimmer erleuchtete, ohne Unterlaß gestarrt hatte.

1164 An diese Phänomene reiht sich die sogenannte Licht-Schattenfigur des Auges. Wenn man nämlich mit geschlossenen Lidern nach der Sonne oder mit geöffneten nach dem grauen wolkigen Himmel blickt und vor denselben mit ausgespreizten Fingern hin- und herfährt, so sehen Einige zuerst einen schwarzen querovalen Fleck, der von einem hellen Saume umgeben wird. Bald darauf erscheinen dunkle und helle musivische Felder, welche von allen Menschen wahrgenommen und vielleicht auf die innere Körnchenschicht der Retina bezogen werden können. Bei manchen Personen setzt sich die Erscheinung weiter fort, so daß reguläre Schneckenlinien, die vielleicht den Ausdruck der regelmäßigen Anordnung der Elemente der Netzhaut bilden, Achtecke, welche wahrscheinlich von den kleinen Strahlenfurchen auf der Centralfalte herrühren u. dgl. mehr hervortreten. Bei

[1]) a. a. O. Bd. I. S. 127.

einzelnen Individuen zeigen sich an den Musiven streckenweise polyedrische Netze, welche in ihrer Gestalt an die Zellen eines Pflasterepithelium erinnern [1].

Wendet man das Auge, vorzüglich des Morgens, wenn es seine 1165
volle Reizbarkeit noch besitzt, während die Lider geschlossen sind, rasch nach außen, so sieht man einen feurigen Ring, der seiner Lage nach der Eintrittsstelle des Sehnerven entspricht und sich daher bisweilen doppelt darstellt, sobald die heftige Drehung beider Augen in hinreichendem Maaße thätig ist. Drückt man einen Bulbus bei offenen Augenlidern, so entstehen aus den schon früher erörterten Gründen Doppelbilder der Objecte. Wird aber dieselbe Operation bei geschlossenen Lidern vollführt, so erscheint zuerst eine ringartige Figur, mit welcher dann musivische, rhombisch angeordnete helle und zum Theil farbige Anschauungen abwechseln, oder Strahlen, die wiederum an die Furchen der Centralfalte erinnern, oder beiderlei Phantasmen zugleich [2]. Die strahligen Figuren sehe ich häufig in gelben und rothen Farben, während helle leuchtende Punkte fortwährend in dem übrigen Gesichtsfelde aufspringen. Oft erscheinen auch deutliche Blendungsbilder im Momente, wo der Druck aufhört. Diese Figuren wechseln übrigens nach der Individualität des Auges und der Intensität der Einwirkung in hohem Grade.

Wird ein galvanischer Strom durch die Nachbartheile der Orbita 1166
geleitet, so daß er auch den Sehnerven und die Netzhaut afficirt, so ist eine Reihe subjectiver Lichtempfindungen die Folge dieses Eingriffes. Wir sehen z. B. schon einen Lichtschein, wenn wir in der Dämmerung oder im Dunklen einen Zink- und einen Kupferstreifen an verschiedene Stellen der Mundhöhle bringen und die Kette schließen. Führt man aber solche Untersuchungen consequenter durch, so treten auch hier reguläre Figuren hervor. Legt man die Zinkelektrode an den Augapfel, die Kupferelektrode an einen Theil des Mundes, so zeigt sich bei dem Schlusse der Kette an der Stelle des Gesichtsfeldes, welche dem Markhügel des Sehnerven entspricht, eine lichte hellviolette Scheibe, während ein dunkler rhomboidaler, von einem gelblichen rhomboidalen Lichtbande umgebener Fleck in der Augenachsenverlängerung hervortritt. Auf den letzteren folgt dann im Sehfelde ein finsterer Zwischenraum, auf diesen ein schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband und endlich in der äußersten Peripherie ein schwacher lichtvioletter Schein, der bei dem Rollen des Auges an einzelnen Stellen heller wird. Die Farben, sowie die Licht- und Schattenpartheieen kehren sich bei dem Oeffnen der Kette oder bei entgegengesetzter Anlagerung der Elektroden um. Alle diese Erscheinungen sind aber während der Dauer des Schlusses am schwächsten (Purkinje) [3].

---

[1]) Siehe die Abbildungen bei Purkinje a. a. O. Bd. I. Tab. I. Fig. 1—4. Vgl. auch Mary Griffiths in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. p. 43—47. und Brewster ebendaselbst. April. 241—45.

[2]) Siehe die nähere Beschreibung bei Purkinje a. a. O. Bd. I. S. 22 fgg. Vgl. auch Brewster in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1832. August. p. 89—92. Quetelet in den Annales de Chimie et Physique. Vol. LIV. Paris, 1833. 8. p. 94.

[3]) a. a. O. Bd. II. S. 31—50, wo noch andere Modificationen dieser galvanischen Versuche angegeben sind.

1167 Schließt man die Augen und starrt gerade vor sich hin, so bemerkt man ein dunkles Schattenfeld, welches man in der Mitte am deutlichsten auffaßt, das dagegen nach außen immer unklarer wird, ungefähr wie auch die Grenze des deutlichen Sehens nach außen hin abnimmt. Wird es schärfer beobachtet, so zeigt es eine runde oder querlänglich runde Gestalt und folgt den willkürlichen regelmäßigen Bewegungen der beiden Augäpfel, nicht aber der bloßen mechanischen Verschiebung der Bulbi mit den Fingern. Auf ähnliche Weise verhalten sich auch Blendungsbilder; nur verrücken sie sich auch nicht, wenn man willkürlich mit beiden Augäpfeln nach innen schielt (Volkmann) [1].

Betrachtet man das Schattenfeld genauer, so findet man, daß es nicht absolut dunkel, sondern von einem gewissen Lichtschimmer im Ganzen oder an einzelnen Stellen durchflossen ist. Fixirt man es einige Zeit, so treten nach und nach wandelnde sich bewegende Nebelstreifen hervor, welche nach Verschiedenheit der Zustände differente Bogenformen matten Lichtes bilden [2].

1168 Endlich können wahrscheinlich noch innere Theile, die hinter den Sehnervenfasern der Retina liegen, zur Anschauung gelangen. Hierher gehören vermuthlich kleine rundliche weiße und glänzende Körperchen, welche oft perlschnurartig an einander gereiht sind und die man daher nicht ganz richtig zu den sogenannten Skotomen rechnet. Jeder Mensch sieht sie z. B., wenn er durch eine kleine Oeffnung gegen den beleuchteten Himmel blickt [3]. oder sich zu anhaltend mit mikroskopischen Untersuchungen, vorzüglich bei Lampenlicht beschäftigt. Debauchen, besonders in Befriedigung des Geschlechtstriebes, begünstigen das Auftreten derselben. Man bemerkt außer einzelnen Perlschnurfäden, die bisweilen ganz ausbleiben, kleine runde Körnchen mit scharfen Rändern, die pflasterartig angeordnet sind und oft mehrere Schichten bilden, welche der Tiefe nach an Deutlichkeit abnehmen, sowie einzelne gefaltete Striche oder Schlangenlinien und fadige Gebilde, die sich bisweilen wie die Gefäße einer Nabelschnur spiralig einrollen. Sie folgen den Bewegungen des Auges, senken sich jedoch auch bei einzelnen Menschen allmälig, wenn der Bulbus fixirt ist [4]. Die absolute Größe der Theile im Innern des Augapfels, von denen sie herrühren, schätzt Ruete durchschnittlich auf 0''',0071 bis 0''',0066.

Man kennt bis jetzt noch nicht genau die Elemente, deren Abbild die genannten Phantasmen darstellen. Sie werden zwar im Allgemeinen auf Körnchen, die in der wässrigen Feuchtigkeit schwimmen, bezogen. Allein gerade diese Ansicht hat die geringste Wahrscheinlichkeit für sich. Man findet zwar nicht selten bei der mikroskopischen Untersuchung einzelne Kör-

---

1) Müller's Archiv. 1839. S. 234.
2) Purkinje a. a. O. S. 57 fgg.
3) Ueber die ähnlichen Linien, welche man bei dem Durchblicken durch eine feine Spalte wahrnimmt, siehe Pelet in den Annales de Chimie et Physique. Tome LIV. Paris, 1833. 8. p. 379—83.
4) P. Prevost in den Mémoires de la societé de Physique et d'histoire naturelle de Genève, Tome V. 1832. 4. p. 243—56. Ruete klinische Beiträge etc. Heft I. Braunschweig, 1843. 8. S. 275.

perchen in der wässrigen Feuchtigkeit, allein sie sind häufig bloße veränderte Blutkörperchen, die aus den nothwendiger Weise verletzten Gefäßen herausgetreten, losgestreifte Epithelialgebilde u. dgl. Ueberdies müßten sie, wenn sie die Ursache solcher Skotome darstellten, in reichlicherer Menge vorhanden sein, in der Flüssigkeit ihrer specifischen Leichtigkeit wegen suspendirt bleiben und in dem subjectiven Gesichtsfelde beweglicher und dunkel erscheinen. Eben so wenig stimmen die erwähnten Phantasmen mit den Linsenzellen, welche in der Morgagnischen Feuchtigkeit existiren, überein, da diese größer sind, keine so regelmäßige Mosaik bilden und nicht selten Kerne enthalten. Endlich zeugt ihre regelmäßige Vertheilung gegen die Ansicht, daß sie durch abfließende Schleimpartikeln der Oberfläche der Hornhaut bedingt werden. Dagegen erinnern die Körnchen des subjectiven Gesichtsfeldes in hohem Grade an die ebenfalls geschichtete und nach der Entfernung der Lagen ungleich deutliche Körnchenmosaik, welche man bei Untersuchung der Netzhaut von ihrer Innenfläche aus wahrnimmt und die entweder in der inneren Körnchenschicht oder noch häufiger und sogar in den meisten Fällen in den Ansatzstellen der Stäbchen der Jacobschen Membran ihren Grund hat. Nehmen wir an, daß die letzteren Elemente diese Erscheinung vermöge ihrer Spiegelung bewirkten, so würde sich hierdurch zugleich die helle Farbe der subjectiven Körnchen erklären. Nach dieser Hypothese müßten Albinos das Phänomen in stärkerem Grade und unter gewöhnlicheren Verhältnissen darbieten als Gesunde. Die größern Körperchen, welche isolirter hervortreten, wenn die Oeffnung, durch welche man sieht, sehr klein ist, könnten auf die Basen der Zwillingszapfen bezogen werden. Jedoch bedarf diese Ansicht noch näherer experimenteller Bekräftigung. Ob die Fadengebilde, wie Brewster glaubt, von Fasern, die im Innern des Glaskörpers existiren, herrühren, steht noch dahin; daß sie nicht durch Streifen allmälig verdunstender Thränenflüssigkeit bedingt werden [1]), läßt sich mit Bestimmtheit annehmen.

Halten wir die Idee fest, daß alle Gebilde, welche vor der Netzhaut liegen, nach Maaßgabe ihrer Beschattung als dunkele Flecke im Gesichtsfelde erscheinen, so werden krankhafte Trübungen der Hornhaut, fremde suspendirte Körnchen oder Filarien der wässerigen Feuchtigkeit, Kalkkörnchen oder Entozoen in der Linse, Trübungen und Streifen im Glaskörper, Varicositäten oder Extravasate der Blutgefäßverbreitung der Netzhaut u. dgl., sobald sie die Fähigkeit der Beschattung besitzen, bewegliche oder fixe dunkele Flecke im Gesichtsfelde, sogenannte Skotome oder fliegende Mücken (Mouches volantes) erzeugen. Diese Art von Täuschungen verschwindet im Finstern. Das Gleiche gilt von denjenigen Skotomen, welche durch partielle Lähmungen der Netzhaut zu Stande kommen. In allen solchen Fällen wird der Fehler am meisten dann belästigen, wenn er die Gegend der Centralfalte und vorzüglich des gelben Fleckens berührt. Denn wie wenig uns die Blindheit, welche einen Punkt des indirecten Sehens trifft, stört, zeigt der Umstand, daß der Mensch die Unempfindlichkeit der Durchtrittsstelle der Centralgefäße der Netzhaut ohne künstliche Versuche gar nicht merkt. Der schwarze Fleck im Gesichtsfelde wird bei solchen localen Amaurosen an einer bestimmten Stelle verharren, den Bewegungen des Auges folgen und im Dunkeln mit dem übrigen Schwarz verschwimmen, es sei denn, daß das Schattenfeld vermöge der Reizbarkeit der Retina hell genug ist, um den Unterschied zur Auffassung zu bringen. Diejenigen Skotome dagegen, welche die

[1]) Siehe Aimé in den Annales de Chimie et Physique. Tome LVI. 1834. 8. p. 110.

Folge einer örtlichen krankhaften Reizung der Netzhaut, des Sehnerven oder der entsprechenden Primitivfasern darstellen, zeigen sich bei geöffneten Augen dunkeler, verschwinden aber nicht nur bei geschlossenen Lidern, sondern erhalten dann mehr Glanz oder nehmen die Natur von Feuergestalten an. Sie sind es zum Theil, welche Menschen mit Congestionen nach dem Kopfe, Hypochondristen und Hysterische in hohem Grade beunruhigen, obgleich gerade bei den letzteren partielle Lähmungserscheinungen nicht zu den Seltenheiten gehören. Sie gehen auch häufig den Amaurosen und dem Glaucom voran und setzen sich oft nach eingetretener Blindheit oder selbst nach Exstirpation des Auges als subjective Feuerphantasmen fort. Solche Gesichtstäuschungen treten auch oft bei Leiden der Art mit Farbenerscheinungen hervor. Amblyopische sehen häufig die Gegenstände eine Zeit lang gelb, roth, blau oder schwarz. Solchen, die unmittelbar vorher die Operation der Catarakte überstanden, nehmen sie oft in blauen Farben wahr (Sichel, Szokalski)[1]. Hierbei werden vorzüglich bei Amaurotischen ähnliche Farbensuccessionen, wie bei den Contrastfarben bemerkt. Diese Thatsachen erklären sich daraus, daß eine amblyopische Netzhaut einerseits mehr Licht für ihre Empfindung braucht und daher bei hellem Tage dunkeler, in der Dämmerung gar nichts sieht, und anderseits sehr leicht ermüdet. Endlich können auch Narcotica, wie der Gebrauch des Digitalis, das Eintröpfeln von Belladonna und Hyoscyamus ähnliche Farben- und Feuerbilder, von denen die von Purkinje sogenannten Flimmerrosen die auffallendsten und charakteristischsten sind, bedingen.

Hören.

1169 Wie das Auge die Empfindung der auf die Netzhaut fallenden Lichtstrahlen vermittelt, so benachrichtigt uns das Ohr von den Schallwellen, welche den Hörnerven afficiren. Während aber das Licht ein imponderables Agens bildet, können sich die Töne nur hurch die stoßende Bewegung von wägbaren Stoffen, sie seien elastisch oder tropfbar flüssig oder fest, erzeugen und fortpflanzen. Eine Glocke tönt nicht mehr, wenn sie sich in einem luftleeren Raume befindet, erschallt aber sogleich, sobald dieser nur irgend mit Aether- oder Wasserdünsten geschwängert ist. Das Gehör bildet mithin eine materiellere Sinnesempfindung als das Sehen. Bei dem letzteren wird allein der imponderable adäquate Reiz des Lichtes, bei dem Hören dagegen die Succession der Stöße, ganz gleichgültig, von welcher Substanz sie ursprünglich herrühren, wahrgenommen. Das Auge kann uns von den Verhältnissen der fernsten Weltkörper, das Ohr nur von dem Atmosphärenraume des Erdballes benachrichtigen.

1170 Allgemeine Tonverhältnisse. — Soll ein Schall erzeugt werden, so muß irgend ein Körper gegen einen anderen stoßen und hierdurch eine Reihe von Veränderungen des Gleichgewichtes der Theilchen, die sich bis zu dem Gehörorgane fortsetzen, hervorrufen. Eine bloße Bewegung dagegen, welche diese Bedingungen nicht erfüllt, bedingt auch keine Tönung. Ein einmaliger Stoß verursacht dann einen einfachen Schall, der sich durch bedeutende Stärke bis zu einem Knalle steigern kann. Wiederholen sich die Stöße auf eine im Einzelnen unterscheidbare, nicht ganz regelmäßige Weise, so hört man ein Geräusch, das je nach Verschiedenheit der Umstände als Brummen, Schnarren, Brausen, Zischen u. dgl. auftritt. Vermehrt sich die Schnelligkeit der regulären Succession

[1] Szokalski a. a. O. p. 132.

der Impulse, so erhält man zuerst einen Ton, bei welchem noch ein Geräusch mitklingt. Folgen aber regulirte Stöße so rasch auf einander, daß sie nicht mehr vereinzelt aufgefaßt werden können, so verwandelt sich der Gesammteindruck in die Wahrnehmung eines Tones. Er afficirt unser Ohr auf eine angenehme Weise, wenn die ihn bedingenden Oscillationen trotz ihrer Zahl und Geschwindigkeit allmälig zu ihrem Maximum gelangen und ebenso nach und nach auf ihr Minimum wiederum herabsinken oder mit einem Worte eine gewisse Regelmäßigkeit alle untergeordneten Vorgänge seiner Erzeugung beherrscht. Werden dagegen die Impulse tumultuarischer, bewegen sich ihre Wirkungen in minder sanften Uebergängen, so berührt uns die Empfindung derselben auf eine abstoßende Art. Das erstere haben wir z. B. bei schwingenden Massen, welche in ihrer Molecularbeschaffenheit und Spannung gleichförmiger sind, das letztere dagegen, wenn heterogene und unebene Körper in nicht gleichen Zeitintervallen gegen einander wirken. Daher wir auch sogleich den Unterschied der Tönung eines reinen Instrumentes von dem Schrillen eines über eine Glasfläche mit starker Reibung dahingeführten Eisenstabes in unserer subjectiven Auffassungsweise unterscheiden.

Nur solche Substanzen, welche eine Reihe von hinreichend geschwinden 1171
Oscillationen in Folge von Stößen vornehmen und wiederholen, sind zur Tonbildung geeignet. Dieses Erforderniß setzt aber einen bestimmten Grad von Elasticität voraus. Manche Körper besitzen ihn von vorn herein, so daß sie, wie z. B. Stahl, Glas u. dgl., bei der Starrheit ihrer Theile schon nach jedem Impulse tönen. Andere dagegen, wie z. B. Saiten oder Membranen, müssen an ihren Enden befestigt und mit einer gewissen Kraft gespannt sein, wenn sie den zu ihren Schwingungen nöthigen Grad von Elasticität erhalten, und nach Stößen, die auf sie ausgeübt werden, akustisch wirken sollen. Das Vorherrschen einer einzigen Längendimension, also die Form eines Stabes, eines Cylinders, einer Saite, einer Membran, begünstigt die Tönung in hohem Grade. Sie erscheint am leichtesten an festen Körpern, ist aber bei tropfbar oder elastisch flüssigen ebenfalls möglich.

Die Vibrationen, welche in Folge der ausgeübten Stöße und der 1172
Elasticität der getroffenen Körper entstehen, lassen sich am füglichsten mit den Wellen der Flüssigkeiten vergleichen. Sie werden daher auch mit dem Namen der Schallwellen bezeichnet und in Beugungs- und Verdichtungswellen unterschieden. Die ersteren bestehen darin, daß die Oberfläche der Substanz die Form von Wellenbergen und Wellenthälern annimmt. Eine solche Veränderung findet aber bei den letzteren nicht Statt; man denkt sich vielmehr die inneren Vorgänge als Verdichtungen, welche den Orten der Wellenberge, und Verdünnungen, die den Stellen der Wellenthäler entsprechen, unterscheidet auch wohl Verdichtungs- und Verdünnungswellen und nennt den ganzen Proceß die Bildung von Molecularwellen. Beide Arten von Schwingungen können übrigens, wie wir z. B. an tönenden Stäben oder Saiten oder selbst an unserem Trommelfelle sehen, zu gleicher Zeit auftreten.

1173 Eine Welle wird stehend, wenn sie sich eine Reihe von Malen an einer und derselben Stelle des tönenden Körpers wiederholt, fortschreitend dagegen, sobald sich die Bewegung auch auf Theile ausdehnt, welche nicht unmittelbar durch den anregenden Impuls getroffen werden. Es ergiebt sich aber hieraus von selbst, daß stehende Wellen fortlaufende und umgekehrt bedingen können.

1174 Ein tönender Körper schwingt entweder im Ganzen, wie z. B. eine angespannte Saite, welche an einem Punkte gedehnt und wieder losgeschnellt wird, oder er sondert sich in eine Reihe aliquoter Theile, von denen jeder seine eigenthümlichen Vibrationen vornimmt. Diese sind in benachbarten Parthieen entgegengesetzt gerichtet, während die Grenzpunkte zwischen beiden ruhen und mit dem Namen der Knotenpunkte belegt werden. Wenn man z. B. eine gespannte Saite mit Papierstückchen belegt, so daß eines auf die Hälfte und eines auf das dritte Viertheil, die anderen aber auf andere Stellen derselben kommen, sie nun an dem Ende des ersten Viertheils leise festhält und diesseits desselben mit einem Violinbogen anstreicht, so springen alle Papierfragmente mit Ausnahme der beiden oben genannten hinweg, weil sich an dem zweiten und dritten Viertheile Knotenpunkte, die in Ruhe bleiben, erzeugen. Auf schwingenden flächenartigen Theilen verwandeln sich die von der Bewegung ausgeschlossenen Stellen in Knotenlinien. Bestreut man eine Glasplatte mit feinem Sande oder Lycopodiumstaub, hält sie an dem einen Ende fest und streicht sie an einer Stelle ihres Randes mit einem Violinbogen an, so bestimmt der Anhaltspunkt des Glases, wenn sonst die Form desselben und die übrigen Verhältnisse die gleichen bleiben, die ruhenden Linien, der Ort und die Art des Striches dagegen die Bewegung der feinen aufgestreuten Theile. Es entstehen auf diele Weise die Chladnischen Klangfiguren, die um so einfacher werden, je tiefer der Ton ist.

1175 Feste Körper, an denen vorzugsweise eine Dimension, die man als deren Längenausdehnung betrachtet, vorherrscht, eignen sich, wie schon zum Theil bemerkt wurde, am besten, um tönende Schwingungen zu erzeugen. Diese sind dann größtentheils transversal, bisweilen aber auch longitudinal, seltener drehend. Die letzteren bestehen darin, daß sich die Stäbe, an welchen allein sie genauer beobachtet worden, abwechselnd nach rechts und links wenden [1]). Häufig pflanzen sich zugleich Molecularwellen längs der Ausdehnung des vibrirenden Körpers fort und bedingen Nebentöne oder können auch, wenn sich die Stöße rasch genug wiederholen, wie bei der Aeolsharfe, eine Grundtönung erzeugen.

1176 Theorie und Erfahrung stimmen darin überein, daß sich die Schwingungszahlen in jeder Beziehung gleicher Saiten umgekehrt wie ihre Längen verhalten. Macht z. B. eine homogene Saite n Schwingungen in der Secunde, so vibrirt sie 2n Mal, wenn man sie auf ihre Hälfte verkürzt und durch denselben Impuls anregt. Bei $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ Länge sind ihre Vibrationen 3, 4, 5, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$ n. Bestehen zwei Saiten aus dem

[1]) E. F. F. Chladni die Akustik. Leipzig, 1802. 4. S. 63 fgg. u. S. 110.

gleichen Material und haben sie dieselbe Länge und Spannung, so verhalten sich ihre Schwingungszahlen, welche in Folge eines bestimmten Impulses entstehen, umgekehrt wie ihre Durchmesser. Die halb so dünne vibrirt noch einmal so geschwind als die dickere. Ist die Spannung unter sonst gleichen Verhältnissen verschieden, so steht die Schwingungszahl in directem Verhältnisse der dehnenden Gewichte. Wenn z. B. an einer Saite 9, an der anderen 25 Gewichtstheile arbeiten, so wird die erstere in jeder Zeiteinheit proportionell 3-, die letztere 5mal schwingen. Bei Saiten endlich von ungleichem Material verhalten sich die Zahlen der Oscillationen der Theorie nach umgekehrt, wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten, ein Gesetz, das nicht selten in der Erfahrung durch einzelne, nicht genau zu bestimmende Nebenumstände bedeutend modificirt wird.

Die Höhe des Tones hängt von der Zahl der Schwingungen, 1177
welche innerhalb einer bestimmten Zeit zu Stande kommen, ab. Giebt z. B. ein Stab oder eine Saite einen Grundton an, so erhält man die Octave desselben, wenn man die Länge des tönenden Körpers halbirt und er mithin unter sonst gleichen Verhältnissen die doppelte Zahl von Schwingungen in der Secunde zu Stande bringt. Liegt die Menge der Vibrationen zwischen 1 und 2, so entstehen die untergeordneten Töne, welche innerhalb einer Octave möglich sind. Am besten läßt sich dieses an dem sogenannten Monochord nachweisen. Dieses Instrument[1]) besteht in einer durch ein gewisses Gewicht gespannten Saite, welche nach Belieben in aliquoten Theilen eingestellt werden kann und mit den nöthigen Resonanzwerkzeugen versehen ist. Hierbei ergeben sich dann für die einzelnen in der Musik gebräuchlichen Töne folgende Zahlen, die jedoch in Betreff mancher untergeordneten Verhältnisse von verschiedenen Beobachtern zum Theil abweichend angenommen werden[2]):

Töne.	Relative			
	Längen der Saiten.		Zahlen der Schwingungen in einer bestimmten Zeiteinheit.	
c. Einklang.	1	1,000000	1	1,000000
c bis cis. Uebermäßige Prime.	24/25	0,960000	1 1/24	1,041667
c bis des. Kleine Secunde.	15/16	0,937500	1 1/15	1,066667
c bis d. Große Secunde.	9/10	0,900000	1 1/9	1,111111
Dieselbe nach Chladni.	8/9	0,888888	1 1/8	1,125000
c bis dis. Uebermäßige Secunde.	108/125	0,864000	1 17/108	1,157407
Dieselbe nach Chladni.	64/75	0,853333	1 11/75	1,171875

[1]) Eine Abbildung dieses Apparates siehe z. B. in Pouillet-Müller Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 44. Fig. 586.
[2]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 340.

Töne.	Relative Längen der Saiten.		Zahlen der Schwingungen in einer bestimmten Zeiteinheit.	
c bis es. Kleine Tertie.	5/6	0,833333	1 1/5	1,200000
c bis e. Große Tertie.	4/5	0,800000	1 1/4	1,250000
c bis fes. Verminderte Quarte.	25/32	0,781250	1 7/25	1,280000
c bis f. Große Quarte.	3/4	0,750000	1 1/3	1,333333
c bis fis. Uebermäßige Quarte.	18/25	0,720000	1 7/18	1,388889
c bis ges. Verminderte Quarte.	25/36	0,694444	1 11/25	1,440000
c bis g. Große Quinte.	2/3	0,666667	1 1/2	1,500000
c bis gis. Uebermäßige Quinte.	16/25	0,640000	1 9/16	1,562500
c bis as. Kleine Sexte.	5/8	0,625000	1 3/5	1,600000
c bis a. Große Sexte.	3/5	0,600000	1 2/3	1,666667
Dieselbe nach Hallström.	65/109	0,596330	1 44/65	1,676923
oder	161/270	0,596296	1 109/161	1,677019
oder	31/52	0,596154	1 21/31	1,677420
oder	16/27	0,592593	1 11/16	1,687500
c bis ais. Uebermäßige Sexte.	72/125	0,576000	1 53/72	1,736111
c bis b. Kleine Septime.	9/16	0,562500	1 7/9	1,777778
Dieselbe nach Chladni.	5/9	0,555556	1 4/5	1,800000
c bis h. Große Septime.	8/15	0,533333	1 7/8	1,875000
c bis ces. Verminderte Octave.	25/48	0,520833	1 23/25	1,920000
c bis $\bar{c}$. Vollkommene Octave.	2	2,000000	2	2,000000

Uebrigens wurden auch schon die Werthe der ganzen Töne bei Gelegenheit der Physiologie der Stimme §. 928 angeführt.

1178 Die Stärke des Tones steht nicht mit der Zahl der Schwingungen oder der später zu betrachtenden Länge der Wellen, sondern mit dem Grade der Verdichtung und der Geschwindigkeit, welche in den Lufttheilchen durch den schallenden Körper erregt werden, in Verbindung.

1179 Außer einem Hauptone entstehen noch Nebentöne, wenn heterogene Schwingungen neben den Hauptvibrationen vorhanden sind. Während sich z. B. eine Saite bewegt, kann auch jede Hälfte derselben ihre Oscillationen vollführen. Es erzeugt sich dann noch nebenbei derjenige Ton, welcher der doppelten Schwingungszahl des Grundtones entspricht, d. h. die Octave desselben. Aehnliche Erscheinungen finden sich bei Flageolettönen der Bogeninstrumente. Berührt man die Saite leise mit dem Finger

und streicht sie schwach mit dem Bogen an, so bilden sich Schwingungsknoten, welche den klingenden Körper in aliquote Theile sondern und demgemäß höhere Töne bedingen. Die mäßigen Berührungen des Windes, welcher die Saite einer Aeolsharfe in Schwingung versetzt, erzeugen durch ihre partiellen Druckwirkungen reguläre Schwingungsknoten, durch welche harmonische Töne zu Stande kommen. Auch bei der menschlichen Stimme (§. 934) [1]) und nicht minder bei einzelnen Instrumenten, wie dem Horn, den Pfeifen u. dgl. erklingt bisweilen der Nebenton der Octave oder der Quinte. Endlich können ähnliche Phänomene noch dadurch bedingt werden, daß ein schwingender Körper einen anderen zu eigenthümlichen harmonischen oder disharmonischen Vibrationen veranlaßt.

Diese letzteren Erscheinungen stehen mit den Phänomenen der Resonanz in engster Verbindung. Wenn ein Körper senkrecht mit einem anderen fest verbunden ist, so rufen longitudinale Schwingungen des ersteren transversale des letzteren, und umgekehrt hervor. Schallwellen einer festen Substanz bringen die Luft und solche der Atmosphäre benachbarte feste Körper zu entsprechenden Erschütterungen. Diese mitgetheilten Schwingungen verstärken oft den Ton, geben ihm einen volleren Klang und machen ihn hörbarer. Auf ihnen beruhen alle Resonanzwerkzeuge, welche wir in den musikalischen Instrumenten, den akustisch gebauten Zimmern, dem Stimmorgane und den Gehörwerkzeugen des Menschen und der Thiere antreffen. Der besondere Klang aber, den jeder tönende Körper besitzt, wird einerseits von seiner eigenthümlichen Verdichtung und Verdünnung und der Geschwindigkeit der fortgepflanzten Schallwellen und anderseits von den accessorischen Resonanzverhältnissen bedingt. 1180

Soll ein Ton von uns vernommen werden, so müssen sich die durch ihn ursprünglich erregten Schallwellen bis zu unserem Ohre fortpflanzen. Gewöhnlich geschieht dieses durch Vermittelung der Atmosphäre, welche sich zwischen der vibrirenden Masse und unserem Ohre befindet. Entsteht eine durch einen luftleeren Raum bedingte Lücke, so fehlt auch die Wahrnehmung der Tonbildung. Daher wir das Klingen einer Glocke, die sich in dem Vacuum der Luftpumpe befindet, nicht mehr wahrnehmen. Allein auch feste und flüssige Substanzen eignen sich zur Uebertragung der Schallwellen auf unser Gehörorgan und dienen hier sogar bisweilen besser als die bloße Atmosphäre. Klopft ein Mensch so leise an das eine Ende eines Tisches, daß es ein am anderen Ende desselben befindliches Individuum nicht mehr hört, so nimmt dieses den Ton wahr, wenn es das Ohr unmittelbar an das Holz anlegt. Verstopft man sich die Ohren fest mit Baumwolle oder nassem Papier, so hört man das Pochen an einer Wand viel stärker, wenn man diese mit den eingefügten festen Körpern durch einen Holzstab in Verbindung bringt, als wenn sich nur eine Schicht Atmosphäre zwischen beiden befindet. Man empfindet gewissermaßen die Resonanz, welche in dem dichten Stabe zu Stande kommt, deutlicher. Läßt man ein kleines Porcellannäpfchen auf Wasser, das in einem Teller enthalten ist, 1181

---

[1]) Vgl. Gehler's physikalisches Wörterbuch Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 327.

schwimmen und in dasselbe ein Geldstück hineinfallen, während ein Stab von Holz oder Glas das verstopfte Ohr mit dem Wasser oder dem Teller verbindet, so hört man den Ton voller und klingender, als wenn jene Vermittelung durch feste Körper mangelt. Das Resultat wird um Vieles ungünstiger, wenn man den Kopf in den Teller so einlegt, daß das Ohr in Wasser taucht und die Münze durch einen Gehilfen in das Schälchen hinabfallen läßt. Bisweilen ist der Unterschied, und zwar vorzüglich wenn der äußere Gehörgang viel Luft enthält, in Verhältniß zu dem gewöhnlichen Hören kaum wahrzunehmen. Endlich theilen sich Schallwellen unmittelbar aus der Luft dem Wasser viel schwerer als der benachbarten Atmosphäre mit. Diesem Uebelstande kann aber dadurch abgeholfen werden, daß man eine Membran als Scheidewand zwischen Luft und Wasser einschaltet. Läßt man eine einfache Pfeife, die keine Seitenlöcher besitzt, während ihr unteres Ende in Wasser taucht, anblasen, so hört man die Tönung nur schwach, wenn man sich die Ohren verstopft und einen Verbindungsstab von Glas in der oben erwähnten Weise angebracht hat. Man vernimmt sie aber sehr gut und in klangreicher Weise, sobald das im Wasser befindliche Ende der Pfeife mit einer selbst nicht gespannten Schweinsblase verschlossen ist. Das Ergebniß fällt am günstigsten aus, wenn sich der Stab in der Richtung der Wellenbewegung oder der Pfeife befindet. Der tiefste Grundton derselben bei schwächstem Anspruche oder selbst mittlere Töne eignen sich zu diesen Versuchen am besten. Hohe dagegen bieten entweder gar keine oder eine nur unbedeutende Verstärkung dar. Fährt man mit dem Stabe in dem Becken herum, so schwillt der Ton jedes Mal, wenn er bei der Trennungsmembran vorübergeht, in bedeutendem Maaße an (Joh. Müller) [1].

1182 Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Schallwellen in verschiedenen Medien fortpfanzen, entspricht den eben erläuterten Verhältnissen. Was die Luft betrifft, so ergiebt sich nach der Formel von Laplace bei 0° C. eine Schnelligkeit von 327,52 Meter = 1008,25 pariser Fuß [2], oder nach anderen Grundwerthen 337,02 Meter = 1037,49 par. Fuß in der Secunde. Die Temperatur übt nämlich auf dieses Resultat einen wesentlichen Einfluß aus, weil die Geschwindigkeit der Schallwellen von der Elasticität der Körper abhängt und sich diese dem Ausdehnungscoefficienten entsprechend ändert. Nehmen wir den der Atmosphäre nach den neueren Bestimmungen zu 0,003665 für jeden Celsius'schen Wärmegrad an und bezeichnen die Temperatur mit t, die Schnelligkeit des Schalles bei einer bestimmten Wärme mit c, die bei 0° C. dagegen mit c′, so haben wir $c' = \frac{c}{\sqrt{(1 + 0{,}003665\, t)}}$. Arago [3]) fand bei 16° C. 340,88 Meter in der Secunde. Dieses giebt daher bei 0° C. 331,304 Meter = 1019,901 par. Fuß. Nach Moll und van Beek [4]) gleicht dieser

[1]) Physiologie. Bd. II. Coblenz, 1838. S. 420. 21.
[2]) Ein Meter = 3,07844 par. Fuß.
[3]) Annales de Chimie et Physique. Tome XX. p. 210.
[4]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. S. 395.

Werth bei 0° C. und dem älteren Ausdehnungscoefficienten 332,049 Meter = 1022,19 par. Fuß in der Secunde. Daß die Einflüsse der Temperatur auch bei sehr hohen Kältegraden die gleichen bleiben, lehren die von Kendal in nördlichen Polargegenden angestellten Beobachtungen [1]), welche Temperaturgrenzen von — 2°,5 C. bis — 40°,56 C. betreffen. Zieht man aus ihnen das Mittel, so erhält man für jeden Celsius'schen Grad 0,6365 Meter, während der theoretischen Berechnung nach 0°,6 Meter herauskommt.

Ueber die berechnete und die durch Beobachtung ermittelte Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in verschiedenen Gasen siehe Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 478. Vergl. auch Repertorium der Physik. Berlin, 1842. 8. S. 105—107.

Die durch Erfahrung gefundene Fortpflanzungsgeschwindigkeit des 1183
Schalles im Wasser gleicht 1435 Meter oder 4417,57 par. Fuß; die durch Rechnung erhaltene 1428 Meter = 4396,02 par. Fuß (Colladon und Sturm). Sie ist mithin, wenn man den ersteren Werth zum Grunde legt, 4,3 Mal so groß als die in der Luft. Noch bedeutendere Werthe erhält man bei verschiedenen festen Körpern. So fand z. B. Chladni mittelst eines von E. H. und W. Weber bestätigten Theorems, das sich auf die durch Longitudinalschwingungen verschiedener fester Körper und Luftsäulen zu erzeugende Höhe der Töne bezieht, daß die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Schallwellen in Fischbein 6⅔, in Zinn 7½, in Silber 9, in Messing, Nußbaum, Taxus-, Eichen- oder Pflaumenholz 10⅔, in irdenen Pfeifenröhren 10 bis 12, Kupfer 12, Birnbaum- oder Rothbuchenholz 12½, Akazien-, Eben-, Hagenbuchen-, Ulmen-, Erlen- und Birkenholz 14⅖, Linden- und Kirschbaumholz 15, Weiden- und Pinienholz 16, Glas, Eisen oder Stahl 16⅔ und in Tannenholz 18 Mal so groß als in der Atmosphäre ist. Nach Biot und Martin haben in dieser Hinsicht die Wände gußeiserner Röhren einen 10,5 Mal so starken Werth als die Luft.

Nach den eben erwähnten Thatsachen läßt sich die absolute Länge der 1184
Schallwellen eines Tones von bestimmter Höhe in einem einzelnen Medium leicht berechnen. Denn gesetzt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Oscillationen in der Secunde sei = c und die Zahl der Schwingungen, welche einer Tonhöhe zukommen, = n, so beträgt natürlich die Länge jeder einzelnen Schallwelle $\frac{c}{n}$. Sie wird mithin in Wasser 4,3 und in dem Tannenholze 18 Mal so groß als in der Luft sein. Wenn z. B. der tiefste nach den gegenwärtigen Verhältnissen noch hörbare Ton 14 einfache Schwingungen in der Secunde macht, so giebt dieses für die Atmo-

[1]) Ebendaselbst. S. 399.

[2]) Die Akustik. Leipzig, 1802. 4. S. 266. Vgl. auch Pouillet-Müller Lehrbuch der Physik. Bd. II. Braunschweig, 1843. 8. S. 85.

[3]) E. H. und W. Weber Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall- und Lichtwellen. Leipzig, 1825. 8. S. 467.

sphäre eine Wellenlänge von $\frac{1019,901}{14} = 72,85$ Fuß, während die höchste von dem menschlichen Ohre wahrnehmbare Tönung von 48000 Schwingungen $\frac{1019,901}{48000} = 0,02125$ pariser Fuß = 0,255 oder ungefähr ¼ Linie fordert. Wir hätten dann für das Wasser 313,255 bis 0,91375 Fuß als die beiden Extreme.

1185 Gehen die Schallwellen aus einem Medium in ein anderes oder aus einer dünneren Schicht in eine dichtere desselben Mittels über, so werden sie wie die Lichtwellen zum Theil zurückgeworfen. Der Einfallswinkel gleicht dann auch hier dem Reflexionswinkel. Auf diesen Verhältnissen beruhen die Erscheinungen des Echo, einzelner später zu erwähnender Hörapparate und der akustisch gebauten Sprachzimmer. Hat das letztere z. B. eine elliptische Wölbung, so werden die Wellen, welche von dem einen Brennpunkte ausgehen, nach dem anderen zurückgeworfen. Man vernimmt überhaupt nicht selten auf diese Weise die Töne in curvischen Räumen an einzelnen Stellen besser als an anderen. Solche Reflexionserscheinungen finden sich auch bei Tönungen, welche durch Wellen des Wassers oder fester Körper bedingt werden.

1186 Zuleitung der Schallwellen zu unserem Hörnerven. — Die uns umgebende atmosphärische Luft übernimmt fast immer unter den gewöhnlichen Verhältnissen die Rolle des Vermittlers zwischen dem tönenden Körper und unserem Gehörorgane. Die Oscillationen, welche auf diese Weise durch sie fortgepflanzt werden, dringen um so besser zu unserem Ohre, je dichter die Luft ist. Wir hören deshalb auch schlechter auf bedeutenden Höhen (§. 61) und leichter in bedeutenden Tiefen, bei hohem Barometerstande, großer Kälte und heiterer dampf- und dunstfreier Atmosphäre.

1187 Schwingungen, welche primär in der Luft entstehen, werden leichter als solche, welche von einer Flüssigkeit oder einem festen Körper ausgehen und sich daher geschwächt der uns berührenden Atmosphäre mittheilen, wahrgenommen. Dagegen tritt wieder die Empfindung stärker hervor, wenn erzitternde feste Substanzen von ihnen eingeschlossene Luftmassen in Erschütterung setzen und der Totaleffect beider Verhältnisse durch die Atmosphäre zu unserem Ohre gelangt. Hierauf beruhen die Vortheile der Resonanzwerkzeuge, des Sprachrohrs, des Hörrohrs u. dgl. Befanden sich Biot und Martin in den ruhigen Nachtstunden zwischen 1 und 4 Uhr an den beiden Enden einer 951,25 Meter langen Wasserleitung, so wurde das leiseste Gespräch an dem einen Ende an dem anderen deutlich vernommen. Bei Tage dagegen fielen die Resultate um Vieles schwächer aus. Eine zu große Weite der Röhre hebt diese günstigen Verhältnisse wiederum auf.

1188 Entsteht ein Schall unter Wasser und muß er sich, ehe er zu unserem Gehörorgane gelangt, der Luft mittheilen, so geht hierdurch ein Theil seiner Intensität verloren. Man hört daher den Ton unter sonst gleichen Verhältnissen unter Wasser selbst stärker und in einer größeren Entfernung

als in der Atmosphäre. Ebenso kann man ihn in der letzteren besser wahrnehmen, wenn man sich das Ohr mit Baumwolle oder feuchtem Papier verstopft und zwischen diesen Körpern und dem Wasser eine Verbindung durch einen Holz- oder Glasstab anbringt.

Die Schwingungen fester Körper dringen am zweckmäßigsten wie- 1189
derum durch feste Substanzen, schlechter dagegen durch halbfeste oder flüssige zu unserem Gehörorgane. Halten wir z. B. eine Uhr in einer solchen Entfernung, daß wir den Schlag derselben nicht mehr hören, so vernehmen wir ihn verhältnißmäßig sehr stark, sobald wir uns einen Holzstab in den äußeren Gehörgang eindrücken und ihn mit seinem anderen Ende an das Uhrglas anlegen. Auf denselben Verhältnissen beruht die bekannte Erscheinung, daß das Picken einer Uhr, die man in den Mund genommen, deutlicher wird, wenn sie an den Zähnen, vorzüglich des Oberkiefers, anliegt, die Verstärkung dagegen zurücktritt, so wie sie nur auf Weichtheilen der Zunge oder den Lippen ruht.

Können nicht die Schallwellen bloße atmosphärische Luft oder über- 1190
haupt ein einfaches Mittel durchlaufen, sondern sind sie genöthigt, durch eine Reihe von heterogenen Medien zu streichen, so geht hierdurch ein großer Theil der Intensität der Tönung zu Grunde. Ein Wecker verliert immer mehr an der Kraft seines Schalles, wenn man über ihn succesiv eine Zahl von Glasglocken stürzt, eine Uhr, wenn man sie mit einigen Lagen Leinwand umwickelt [1]). Hierbei ist der Uebergang aus dem Wasser in die Luft leichter als umgekehrt. Taucher hören nichts von dem, was an der Oberfläche des Wassers vor sich geht, während man oben das Anschlagen an eine Taucherglocke, die 30 Fuß tief liegt, deutlich vernimmt. In dieser selbst angeregte Luftschallwellen werden bedeutend verstärkt. Eine in ihr angeblasene Pfeife z. B. giebt ausnehmend starke Töne [2]).

Wie die verschiedensten Lichtwellen einen Körper in den mannichfach- 1191
sten Richtungen durchdringen können, so findet auch das Gleiche in Betreff der Schalloscillationen Statt. Die einzelnen Theile des Ohres und des Kopfes bedingen keine Ausnahme von diesem Gesetze.

In dem Auge dienen alle Apparate, welche vor der Netzhaut liegen, 1192
zu der nothwendigen Zuleitung und Brechung der Lichtstrahlen. Daß auch die meisten Organe der Gehörwerkzeuge bloße Vorbereitungsapparate für den Hörnerven bilden, leidet keinen Zweifel. Allein die wissenschaftliche Erläuterung des speciellen Nutzens dieser Gebilde ist bei Weitem unvollständiger als die des Auges. Dieses liegt nicht sowohl in dem Mangelhaften der anatomischen Kenntnisse des Gehörganges — denn dasselbe ist fast eben so speciell wie das Auge bekannt — als in dem Nachtheile, in welchem sich akustische Studien in Verhältniß zu den optischen befinden. In dem Auge haben wir an den Eigenthümlichkeiten der brechenden Linsen, den Erscheinungen der dunklen Klammer und der scharf mathematischen Behandlung der ganzen Optik feste Anhaltpunkte, so daß der dioptrische Theil

---

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. S. 499.

[2]) C. Poor Theoria sensuum. Pestini, 1786. 8. p. 273.

der Lehre vom Sehen in den meisten Punkten auf fester Basis einhergeht. In der Physiologie des Ohres ist dieses nicht der Fall. Die Akustik vermag nicht ihre Schallwellen mit solcher Schärfe zu verfolgen als die Optik ihre Lichtundulationen. Fast alle musikalischen Instrumente sind durch empirische Routine, nicht aber durch theoretisch wissenschaftliche Construction entstanden und die wenigen, welche wie Chladni's Euphon oder Savart's Geige aus Bemühungen letzterer Art hervorgingen, hatten sich keiner allgemeinen Einführung bis jetzt zu erfreuen. Bedenken wir übrigens, daß z. B. eine genügende Theorie eines einfachen Sprachrohres noch immer zu den Desideraten der Akustik gehört, daß hier überhaupt alle Vorgänge gleichsam weniger greifbar sind als die des Lichtes, so darf es uns nicht wundern, wenn die Physiologie des Gehörorganes noch so vieles Lückenhafte und Hypothetische, so viele Möglichkeiten darbietet. Der beste Beweis der Unvollkommenheit dieses Zweiges unserer Wissenschaft liegt aber darin, daß uns oft derselbe Zweck durch mehrere verschiedene Theile des Gehörapparates realisirbar zu sein scheint, während doch unzweifelhaft jeder einzelne seine von den übrigen unterschiedenen Specialzwecke verfolgt.

1193 Mechanik des Ohres. — Das äußere Ohr besitzt zu den Schallwellen ein doppeltes Verhältniß. Es kann sie nämlich einerseits reflectiren und andrerseits fortpflanzen. Die erstere Thätigkeit leistet im Ganzen genommen unvollkommene Dienste. Denn nur ein kleiner Theil der Schwingungen, insbesondere solcher, welche die eigentliche Concha treffen, werden in den äußeren Gehörgang geworfen. Sie und der Tragus können daher nur in dieser Hinsicht vorzugsweise in Betracht kommen. Bildet man sich aber ein normales Ohr in Wachs nach, zieht von den verschiedensten hörbaren Körpern Linien auf die Oberfläche desselben und macht dann den Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich, so gelangen viele schon durch einfache und die meisten durch mehrfache Zurückwerfung an andere Stellen als in den äußern Gehörgang (Esser)[1]. Wichtiger dagegen scheinen die eigenen Schwingungen des äußeren Ohres zu sein. Jedoch bleibt auch hier noch zu untersuchen, inwiefern die Elasticitätsverhältnisse des Ohrknorpels durch die ihn bekleidenden und neben ihm befindlichen Weichgebilde influencirt werden oder nicht.

Wie dem aber auch sei, so müssen sich die Schallwellen, welche das äußere Ohr treffen, in diesem zum Theil fortpflanzen. Diejenigen von ihnen, welche senkrecht auffallen, werden auch am stärksten weiter geleitet werden. Um aber dieses Desiderat zu erfüllen, ist die mannichfach gekrümmte Fläche desselben vorzugsweise geeignet[2]. Hieraus erklärt sich zwar die gebogene Form der Ohrmuschel im Allgemeinen, noch nicht aber die eigenthümliche Gestaltverschiedenheit der Einzeltheile des menschlichen Ohres. Menschen, welchen der Helix und Anthelix mangeln und deren äußeres Ohr eine dünne Knorpelplatte ohne alle Erhabenheiten und Vertiefungen

---

[1]) Annales des sciences naturelles Tome XXVI. Paris, 1832. 8. p. 8.

[2]) Savart Annales de Chimie et Physique. Vol. XXVI. Paris, 1824. 8. p. 29.

darstellt, können ein sehr feines und scharfes Gehör besitzen [1]). Werden alle Unebenheiten des äußeren Ohres mit einer weichen Substanz ausgefüllt, so daß nur die Oeffnung des Gehörganges frei bleibt, so kann es natürlich die Schallwellen weniger gut aufnehmen. Das Gehör wird dann etwas schwächer, giebt jedoch die Töne eben so rein als früher an [2]). Es sind daher Personen, welche die Ohren verloren haben, noch sehr gut zu hören im Stande. Ob aber die Schärfe ihres Gehörs durch diesen Mangel etwas geschwächt werde, steht dahin. Individuen mit einem sehr guten musikalischen Gehör zeichnen sich oft, wie z. B. Mozart, durch sehr große und in ihren Einzelnheiten stark entwickelte äußere Ohren aus.

Nach Buchanan hat auch der Anheftungswinkel des äußeren Ohres an den Kopf auf die Feinheit des Gehöres einen deutlichen Einfluß. Das günstigste Verhältniß ist 40°—45°, während 25°—40° die gewöhnlichen bei gutem Hören vorkommenden Größen darstellen. Kleinere Winkel schaden geradezu, während bedeutendere manche andere ungünstige Momente des Ohres compensirend verbessern können. Wenn man daher die Ohren kleiner Kinder durch Anbinden der Kopfbedeckungen an den Schädel anpreßt, so vermag hierdurch eine schädliche Stellung derselben habituell zu werden. Ein Mann, dessen Ohrmuschel ursprünglich nur unter 10° angeheftet war, erlitt zufällig eine Verwundung, durch welche sie größtentheils abriß, so daß sie wiederum künstlich angeheftet werden mußte. Da die Vereinigung unter einer geeigneten Behandlung in einem Winkel von 45° erfolgte, so soll auch alsdann das Individuum auf diesem Ohre besser als auf dem anderen gehört haben [3]). Auf solche Voraussetzungen stützt sich das sogenannte Otaphone von Webster, d. h. ein Instrument, um den Ohrenknorpel so weit hinwegzudrücken, daß er einen Winkelansatz von 40° bis 50° erhält.

Das in der Regel einfachere und tütenförmiger gestaltete Ohr der 1194
meisten Säugethiere hat einen oft sehr reichlichen Muskelapparat, damit es leicht und schnell nach derjenigen Seite, von welcher der Schall kommt, gewendet werden könne [4]). Der Mensch besitzt diese Fähigkeit nicht. Seine Ohrmuskeln sind nur größtentheils schwach ausgebildet und einzelne von ihnen fehlen häufig gänzlich. Der Attrahens zieht den vorderen Theil des Ohres nach vorn und erweitert auf diese Weise die Oeffnung des äußeren Gehörganges. Der Attollens führt jenes in die Höhe und macht es daher etwas länger und hohler, während es der Retrahens nach hinten leitet und ebenfalls zur Erweiterung des Gehöreinganges beitragen kann. Der Major helicis vermag, wenn er stark genug ist, den oberen, und der Minor helicis den vorderen Ohrrand umzubiegen und so die Aushöhlung des äußeren Ohres zu verstärken. Inwiefern diese letztere Wirkung auch dem Tragicus und Antitragicus zukomme, steht noch sehr dahin. Die Ohrmuschel wird endlich durch den Dilatator conchae in ihrem Umfange vergrößert, während sich die Aushöhlung des Ohres durch den Transversus auriculae abflacht. Der vorzüglichste Nutzen aber, welcher diesen einzelnen oft nur künstlich zu unterscheidenden Muskelbündeln zukommt, be-

---

[1]) C. G. Lincke Handbuch der theoretischen und praktischen Ohrenheilkunde. Bd. I. Leipzig, 1837. 8. p. 436.

[2]) Esser a. a. O. S. 7.

[3]) Lincke a. a. O. S. 440.

[4]) Eine sehr ausführliche Schilderung dieser Verhältnisse findet sich in: A. Hannover de cartilaginibus, musculis, nervis auris externae atque de nexu Nervi vagi et Nervi facialis. Hauniae, 1839. 4.

steht wahrscheinlich in der größeren oder geringeren Spannung der verschiedenen Massen des Ohrknorpels und der dadurch bewirkten Erhöhung der Fähigkeit, selbst Schallwellen aufzunehmen und fortzuleiten. Wir ziehen daher auch die Gesichtsmuskeln bei genauem Aufhorchen zu gleichem Zwecke zu Hilfe und bieten deshalb eine eigenthümliche leicht kenntliche Physiognomie dar.

Nur einzelne Menschen haben ausnahmsweise die Fähigkeit, ihr Ohr nach vorn, oben oder hinten zu führen. Allein selbst dann beschränkt sich oft genug ihre Virtuosität darauf, den einen oder den anderen Muskel allein stärker wirken zu lassen. Individuen, welche über ihren Attollens, Attrahens und Retrahens zugleich gebieten, gehören zu den Seltenheiten. Manche von ihnen können auch beide Ohren zu gleicher Zeit in verschiedener Weise bewegen. Wo Fähigkeiten der Art wahrhaft bestehen, brauchen sich keineswegs der Frontalis und Occipitalis zu gleicher Zeit zusammenzuziehen. Ich selbst bin im Stande, die letzteren Muskeln dergestalt zu bewegen, daß ein aufgesetzter Hut in eine deutliche Schwankung von vorn nach hinten geräth, kann aber nicht meine Ohren verrücken. Umgekehrt habe ich Menschen gesehen, denen die letztere Thätigkeit in hohem Maaße geläufig war, die aber nicht ihren Musculus epicranius nach Willkühr zu beherrschen vermochten.

1195 Der äußere Gehörgang bildet zuvörderst eine Luft enthaltende mit festen elastischen Wandungen versehene Röhre, welche daher alle Töne aus akustischen Gründen (§. 1188) sehr schnell und vollkommen fortpflanzt und in dieser Beziehung um Vieles besser als ein selbst vortrefflicher fester Schallleiter wirkt. Daher hat auch seine Verstopfung oder Verwachsung eine Verminderung des Gehörs und selbst Taubheit zur Folge. Wenn z. B. das Ohrenschmalz zu festen Klumpen erhärtet, so erzeugt sich oft eine Schwerhörigkeit, welche nach Entfernung des mechanischen Hindernisses verschwindet. Verwachsung oder angeborener Mangel des Gehörganges bedingt dieselben Nachtheile, obgleich immerhin die Töne durch die festen Massen, welche an der Verbildungstelle vorhanden sind, fortgepflanzt werden. Die dichten Wandungen und die luftförmigen Theile des Gehörganges nehmen daher nicht bloß die Schallwellen aus der Atmosphäre und dem äußeren Ohre auf und führen sie durch ihre Substanz weiter fort, sondern verstärken sie auch durch ihre Resonanz und machen sie heller und klingender.

Diese Zwecke würden aber schon im Wesentlichen erfüllt werden, wenn der äußere Gehörgang gerade verliefe. Seine vielfachen und eigenthümlichen Krümmungen dagegen gewähren zunächst den Vortheil, den Fortgang der Schallwellen zum Trommelfelle durch Reflexion zu sichern. Ob aber nicht noch hierdurch eine Verstärkung oder Modification des Klanges erzielt werde, ist unbekannt. Während aber der Meatus auditorius externus auf diese Weise die zugeführten Töne concentrirt, mußte seine Längenausdehnung beschränkt sein, weil sonst die in ihm enthaltene Luftsäule durch ihre Schwingungen nach akustischen Gesetzen einen eigenen Nebenton erzeugt haben würde. Dagegen suchen wir den Gehörgang etwas zu erweitern, wenn wir genauer hören wollen[1]). Eine zu große Weite desselben dagegen hätte wiederum seine günstigen Bedingungen aufgehoben.

---

[1]) Siehe Lincke a. a. O. S. 449.

Dunkler sind die Verhältnisse des **Ohrenschmalzes**. Indem näm- 1196
lich die Haare des äußeren Gehörganges stärker ausgebildet werden, damit sie das tiefe und bei dem gewundenen Verlaufe des Rohres nur um so gefährlichere Eindringen fremder Körper verhindern, mußten auch größere Fettdrüsen hergestellt werden (§. 515). Ihr Secret kann aber zu gleicher Zeit die sonst stark sich schuppende Epidermis des äußeren Gehörganges gewissermaßen contrabalanciren und die Bildung von Nebentönen möglicher Weise verhüten. Jedoch spricht selbst gegen diese Hypothese, daß wir z. B. bei vielen fein hörenden Vögeln das Trommelfell von einer spröden und trockenen äußeren Epidermiallage bedeckt finden. Die Vergleichung des Ohrenschmalzes mit dem schwarzen Pigmente des Auges, welche oft angestellt worden, läßt sich bis jetzt nicht mit genügender Klarheit speciell durchführen. Dagegen kann man mit Sicherheit annehmen, daß der Fettüberzug der Membran des äußeren Gehörganges die Schwingungen derselben nicht aufhebe, da auch Häute, die mit Oel oder Fett bestrichen sind, vollständige Klangfiguren darbieten. Sie geben im Gegentheil die Intensität entfernter Töne mit großer Empfindlichkeit an [1]), so daß vielleicht auch dem Ohrenschmalze ein Nebennutzen der Art zukommen könnte.

Das **Trommelfell** liegt als eine unter 55° gegen die Achse des 1197
inneren Theiles des äußeren Gehörganges geneigte [2]) und ausgespannte Haut zwischen dem letzteren und der Trommelhöhle und bedingt zugleich die Vermittelung mit den Gehörknöchelchen. Es dient hierbei zunächst als Scheidewand, um den Eintritt der äußeren Atmosphäre und anderer schädlicher flüssiger oder fester fremdartiger Substanzen zu verhüten. Zu gleicher Zeit erfüllt es aber vorzugsweise einen wesentlichen akustischen Zweck. Die Schallwellen gehen nämlich, wie wir sahen (§. 1190), nur in geschwächtem Maaße aus der Luft in feste Körper über. Der Nachtheil wird jedoch größtentheils vermieden, sobald die Vermittelung durch eine gespannte elastische Membran zu Stande kommt. Das Paukenfell übernimmt diese Rolle in Betreff des Hammers, mit dessen Handgriff es innig verbunden ist.

Daß elastische gespannte Häute durch Tonwellen, welche in gewisser 1198
Ferne entstehen und sich durch die Atmosphäre fortpflanzen, in entsprechende Vibrationen gerathen, ist durch die Beobachtungen von **Savart** [3]) ausführlich nachgewiesen worden. Dieser Forscher erzeugte auch ähnliche Schwingungen an dem bloßgelegten Trommelfell des Menschen und des Kalbes. Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß sich, sobald Tonwellen ins Ohr gelangen, correspondirende Schallwellen in dem Paukenfelle bilden und daher in entsprechenden Longitudinalschwingungen durch den unmittelbar verbundenen Hammer fortpflanzen. Bei sehr starken Stößen erzeugen sich vollkommene Beugungs-, bei schwachen dagegen Verdichtungswellen, die natürlich bei der schiefen Stellung des Trommelfelles größten-

---

1) F. **Savart** in den Annales de Chimie et Physique. Vol. XXVI. Paris, 1824. 8. p. 17. 19.

2) **Huschke** in **Soemmerring** Lehre von den Eingeweiden. S. 821.

3) Annales de Chimie. Vol. XXVI. p. 6—23. Eine Reihe von Klangfiguren, welche auf diesem Wege entstehen, finden sich ebendaselbst. Pl. I. Fig. 1 — 28 abgebildet.

theils von einem Punkte ausgehen, sich über dasselbe verbreiten und an den Wänden reflectirt zurücklaufen und verdichtet werden.

Größere Oeffnungen oder Verlust des Trommelfelles ziehen daher leicht Schwerhörigkeit nach sich. Es entstehen dann zugleich nicht selten Beschwerden, sobald ein rascher Luftstrom das Gehörorgan durchsetzt oder sogar Wasser in dasselbe eindringt [1]). Eben so muß die Schärfe der Tonempfindung durch alle organischen Veränderungen, welche die Elasticität des Trommelfelles vermindern, leiden. Jedoch ist es eben so wenig als die Reihe der Gehörknöchelchen zu einem gewissen unvollkommenen Grade des Hörens absolut erforderlich.

1199 Das Paukenfell des Menschen kann in verschiedenem Maaße angespannt werden. Die frühere Ansicht (von Ev. Home), daß seine Fasern selbst durch ihre Contractilität diese Wirkung zum Theil hervorrufen, läßt sich mit Bestimmtheit als unrichtig ansehen. Denn wenn auch die sehnigten Fäden der Mittellage desselben einen gewissen Grad von Zusammenziehungsvermögen besäßen — was an und für sich noch zweifelhaft ist —, so müßte erst ihre Verkürzung sehr allmälig eintreten und sich dann nach und nach wiederum aufheben. Die Reaction wäre viel zu langsam, als daß sie der Schnelligkeit der einwirkenden Tonwellen folgen könnte. Eine solche Einrichtung würde daher eher schaden als nützen. Dagegen bietet der Muskelapparat der Gehörknöchelchen günstigere Momente für solche Wechselverhältnisse der Tension des Trommelfelles dar. Es wird mittelst des Handgriffes des Hammers, wenn der Musculus mallei internus s. Tensor tympani in Wirksamkeit tritt, nach innen, oben und vorn gezogen und in höherem Grade angespannt. Zu gleicher Zeit drückt dann der Hammerkopf auf den Amboß, so daß der absteigende Schenkel des Letzteren auf den Steigbügel und dieser auf die Membran des eirunden Loches und das Labyrinthwasser wirkt. Jener Muskel kann also die Tension des Trommelfelles, soweit sie schon durch die Einfügung desselben bedingt ist, erhöhen. Wie sich aber dann seine Wirkung bis zu dem Vorhofe fortpflanzt, so vermag sich vielleicht auch die Thätigkeit des Musculus stapedius, wenn nicht die Ausdehnung seiner Wirkung durch die Gelenkigkeit der Gehörknöchelchen zu sehr vermindert wird, durch den Steigbügel und den Amboß fortzupflanzen, den Griff desselben nach hinten zu schieben und mithin ebenfalls eine Spannung des Paukenfelles zu bedingen [2]). Der sogenannte Musculus mallei externus s. Laxator tympani major dagegen ist nach den meisten übereinstimmenden neueren mikroskopischen Untersuchungen ein Band und kein wahrer Muskel. Nur einzelne Forscher fanden ihn in isolirten Fällen roth gefärbt (Miescher) oder selbst mit quergestreiften Fasern versehen (Krause). Unter den letzteren Verhältnissen müßte er den Hammer nach außen führen, das Trommelfell größtentheils erschlaffen und vielleicht dessen vordere Hälfte etwas anspannen [3]). Der sogenannte Laxator tympani minor bildet immer nur eine Bandmasse.

---

[1]) Beispiele der Art s. bei Lincke a. a. O. S. 453. 54.

[2]) Lincke a. a. O. S. 470. 71.

[3]) Huschke a. a. O. S. 849. Vgl. Shrapnell in Froriep's Notizen. 1832. Nr. 744. S. 273. 78

Die Membrana tympani kann noch außerdem durch das gestörte Gleichgewicht der Luftsäulen, welche sich in dem äußeren Gehörgange und der Trommelhöhle befinden, in Spannung gerathen. Sowohl eine zu große Verdünnung als eine zu starke Verdichtung des elastisch flüssigen Inhaltes der Paukenhöhle muß in dieser Beziehung im Allgemeinen den gleichen Erfolg, nur mit dem Unterschiede hervorrufen, daß der Zug der Membran in dem ersteren Falle nach innen, in dem letzteren dagegen nach außen geht.

Die gewöhnlichen Thätigkeiten der Musculi mallei internus und stapedius erfolgen natürlicher Weise automatisch. Allein nicht selten kann auch der erstere Muskel in einem oder beiden Ohren scheinbar willkürlich zusammengezogen werden, so daß selbst das leise Knacken der Gehörknöchelchen, welches ungefähr dem Knistern eines elektrischen Funkens gleicht, nicht bloß dem Individuum, welches das Experiment an sich anstellt, sondern auch Anderen hörbar wird. Am leichtesten gelingt der Versuch, wenn man Schluckbewegungen macht oder die Muskeln des Gaumensegels in Bewegung setzt, mithin das Gleichgewicht der Luft in der Trommelhöhle stört. Es ist daher noch sehr die Frage, ob diese Erscheinung eine reine Folge der Willensthätigkeit des Tensor tympani darstellt. Ich kann sie auf beiden Ohren, jedoch mit größerer Intensität auf dem rechten als dem linken hervorbringen, während sich im Gegentheil das letztere bei Joh. Müller, Theile und R. Wagner in dieser Beziehung im Vortheil befindet [1].

Der Einfluß, welchen die verschiedenartige Tension des Trommelfelles 1200
ausübt, läßt sich im Allgemeinen sowohl durch künstliche Versuche als durch Beobachtungen an Lebenden erhärten. Verfertigt man sich einen Cylinder, spannt über die Oberfläche desselben eine elastische dünne Haut, welche mittelst eines Hebels schwächer oder stärker angezogen werden kann und bestreut sie mit Lycopodium oder feinem Sandpulver, so erzeugen sich unter geeigneten Verhältnissen Klangfiguren, sobald man in einer verhältnißmäßig nicht zu großen Entfernung Schallwellen anregt und eine vibrirende Scheibe parallel der Oberfläche der elastischen Haut anbringt (Savart) [2]. Die Molecule der aufgestreuten Substanz hüpfen aber unter sonst gleichen Verhältnissen höher, wenn die Membran unverändert gelassen, als wenn sie durch die Bewegung des anliegenden Hebels gespannt ist. Wurde auch dagegen eingewendet, daß dieses Resultat rücksichtlich der Tension nichts beweise, weil ein neuer Schwingungsknoten durch die Anheftung des Hebels an die Mitte der Haut entstand, die Schwingungsbogen daher um die Hälfte kürzer und die Wurfbewegungen des Sandes nothwendiger Weise kleiner wurden [3]), so bekräftigt sich doch die Wirkung der Spannung, wenn man den Hebel in verschiedenem Maaße anzieht. Die gleichen Verhältnisse treten auch in Betreff unserer Gehörempfindung ein. Ueberspannt man einen kleinen Holzcylinder mit einer thierischen Haut, deren Tension durch einen Hebel vergrößert zu werden vermag, und führt

---

1) Siehe Müller's Physiologie. Bd. II. S. 439—41. De functionibus nervorum cerebralium. S. 115. 116. Theile in Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. III. 1842. 4. S. 437. 38. R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 370.

2) a. a. O. S. 25. 27.

3) Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. IV. S. 1210. Bd. III. S. 501.

ihn in das eine Ohr ein, während man sich das andere fest verstopft, so hört man den Schlag einer Taschenuhr bei Erschlaffung der Membran weit stärker als bei dem Anziehen derselben. Die Dämpfung des Tones nimmt sogar in gleichem Verhältnisse der Spannung der Haut zu (Joh. Müller)[1]).

1201 Tragen wir aber diese Thatsachen auf die Verhältnisse des Lebenden über, so wird das Trommelfell, so wie wir von einem starken, unangenehmen Schalle afficirt werden, die Fortdauer oder Wiederholung desselben durch seine stärkere Spannung verhüten können. Diese Thätigkeit erinnert gewissermaßen an die der Regenbogenhaut des Auges, durch deren Reaction die Pupille ebenfalls verkleinert wird, um das fernere Eindringen zu vieler Lichtstrahlen aufzuheben. Eine besondere Erschlaffung des Trommelfelles durch Muskeln ist dann nicht nothwendig. Sie könnte sogar nicht ohne partielle Spannung zu Stande kommen. Würde aber das mögliche Maximum erreicht, so wäre wenigstens von Seiten des Paukenfelles das Nöthige geschehen, um unser Ohr für jeden Schall empfänglich zu machen.

Eine stark gespannte Membran wird natürlich leichter durch hohe als tiefe Töne zu entsprechenden Schwingungen angeregt. Ist das Trommelfell zu sehr ausgedehnt, so hört man starke und tiefe Tönungen schlechter als hohe. Athmet ein Mensch bei Verschließung des Mundes und der Nase sehr tief und anhaltend ein oder aus, so vernimmt er einen tiefen Ton, z. B. den eines fahrenden Wagens, wenn der Versuch gut gelingt, undeutlich oder gar nicht, während er hohe auf befriedigende Weise auffaßt. Dem entsprechend findet man auch einzelne Schwerhörige, welche den gleichen Zustand darbieten und z. B. die Männerstimme oder selbst das gewöhnliche Sprechen nicht deutlich vernehmen, dagegen die feinen Töne der Frauen- oder Kinderstimmen oder musikalischer Instrumente noch vollkommen auffassen[2]). Solche Fehler können natürlich von einer krampfhaften Zusammenziehung des Tensor tympani (oder des Stapedius), einem Mangel an Ausgleichung der Luft der Trommelhöhle und der des äußeren Gehörganges oder anderen Ursachen, welche eine übermäßige Tension des Paukenfelles veranlassen, herrühren.

1202 Die Gehörknöchelchen müssen die Schwingungen des Trommelfelles auf sehr vollkommene Weise in sich aufnehmen und durch sich bis zu dem eiförmigen Loche fortpflanzen, weil die Vibrationen des Schalles sehr gut von einer oscillirenden Membran auf feste Körper, schwer dagegen von diesen auf die Luft übergehen. Es werden daher auf diese Weise die Töne ohne Schwächung zum Labyrinthe gelangen. Dieser aus den früher dargestellten akustischen Gesetzen von selbst erhellende Schluß läßt sich nach Joh. Müller auf folgende Art unmittelbar zur Anschauung bringen. Man nimmt eine einfüßige Pfeife und paßt in deren unteres Ende einen hohlen Holzcylinder genau ein. Eine dünne thierische Haut ist über die obere Mündung desselben ausgespannt. Sie trägt innerhalb der Röhre einen Stab, welcher an seinem anderen Ende eine Korkplatte und an ihr eine den Cylinder verschließende Membran führt. Diese bleibt daher in

---

[1]) Physiologie. Bd. II. S. 435. 36.

[2]) Wollaston in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. IV. Edinburgh, 1821. 8. p. 158—164. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. S. 1218. 19. Müller's Physiologie. Bd II. S. 438.

ähnlicher Weise wie die Membrana foraminis ovalis durch die Basis des Steigbügels, nur in einem ringförmigen Saume unbedeckt. Wird nun der Holzcylinder mit seinem unteren Theile in Wasser getaucht und die Pfeife von einem Gehilfen angesprochen, so hört man den Ton sehr stark, wenn man sich die Ohren verstopft und den Schall durch eine ½ Zoll weite Glasröhre, welche als Verbindung angebracht wird, senkrecht von der Korkplatte aufnimmt. Er wird dagegen an allen anderen Orten des Wassers viel schwächer wahrgenommen.

Wenn eine Platte oder eine Membran Transversalschwingungen macht, 1203
so wird ein Stab, der auf ihr senkrecht steht, zu Longitudinal-, eine Scheibe, die auf diesem wagerecht liegt, wieder zu transversalen Oscillationen u. s. f. veranlaßt (Savart, Chladni). Aus ähnlichen Gründen machen wahrscheinlich die Basis des Steigbügels und die Membran des eirunden Loches denen des Paukenfelles entsprechende Transversalschwingungen. Der Handgriff des Hammers empfängt die Schallwellen fast senkrecht von dem Trommelfelle. Eben so lassen sich durch die Verbindungen des Hammerkopfes mit dem Körper des Amboßes, so wie durch die des senkrechten Schenkels des letzteren mit dem Linsenbeine oder dem Steigbügel unter 90° geneigte Ebenen legen. Wenn sich auch die untergeordneten Differenzen dergestalt summiren, daß die Basis des Steigbügels mit der Membrana foraminis ovalis einerseits und das Paukenfell andererseits von dem Parallelismus auf eine sichtliche Art abweichen, so ist doch dieser Unterschied nicht so bedeutend, daß dadurch zuletzt longitudinale statt transversaler Schwingungen resultirten. Dieses läßt sich, wie es scheint, um so eher behaupten, als wahrscheinlicher Weise die Schwingungen, welche die Schallwellen verursachen, sehr klein und beschränkt sind. Ob die Fortsätze des Hammers und der wagerechte Schenkel des Amboßes durch ihre Form auf die Fortpflanzung der Töne besonders einwirken, ob die beiden Seitenschenkel der Steigbügel mit der zwischen ihnen ausgespannten Membran die Erschütterungen resonirender machen und die Bänder der Gehörknöchelchen ähnliche Wirkungen bedingen, ist noch gänzlich unbekannt.

Das dünne Trommelfell wird, wie schon erwähnt wurde, bei einer 1204
gewissen Stärke der Stöße trotz seiner Kleinheit in keinen bloßen Verdichtungs-, sondern auch in Beugungswellen schwingen [1]). Damit nun aber diese keine Störungen verursachen und entweder eine übermäßige Spannung der Membrana tympani veranlassen oder mit zu großer Heftigkeit auf den Vorhof übertragen werden, dienen wahrscheinlich die gelenkigen Verbindungen der Gehörknöchelchen. Denn wären sie ihrer bloßen Bewegungen halber vorhanden, so brauchte nur eine Articulation zwischen dem Steigbügel und dem Amboß oder diesem und dem Hammer zu existiren. Ueberdies haben auch Thiere, wie z. B. die Frösche, bewegliche Gehörknöchelchen ohne Muskeln derselben.

Die bisher erwähnten Thatsachen erläutern schon die Nothwendigkeit 1205

[1]) Müller a. a. O. S. 430. 31.

des Luftinhaltes der Trommelhöhle von selbst. Denn er macht einerseits das Trommelfell von innen frei, so daß es ungehindert vibriren kann, und begünstigt anderseits die Fortpflanzung der Schallwellen durch die Gehörknöchelchen. Zu gleicher Zeit wird aber hierdurch die Paukenhöhle zu einer gebogenen und mit Atmosphäre gefüllten Röhre, welche, wie wir gesehen haben, Wellen, die von ihren Wandungen oder ihrem Inhalte ausgehen, durch Resonanz bedeutend verstärkt. Die Zellen des übrigen Schläfenbeines müssen dann noch diesen Vortheil vergrößern. Da das von ihr eingeschlossene Gas unzweifelhaft auf 37°,5 C. temperirt ist, so kann eine geringe ungleiche Spannung der Membrana tympani durch die etwas niedere Wärme der Luft des äußeren Gehörganges zu Stande kommen. Indem aber in diesem Falle das Paukenfell schwach nach außen gedrängt werden müßte, so wird es denkbar, daß die freie Mündung der Eustachischen Trompete, nicht aber eine leise Zusammenziehung des Tensor tympani dieses Verhältniß regulire. Unentschiedener bleibt, ob er auch dem selbstständigen Mitklingen des Trommelfelles bei sehr starken Schallwellen ein Ziel setze. Denn wir nehmen allerdings bisweilen, wenn wir uns in der Nähe einer losgefeuerten Kanone befinden, ein Nebengeräusch wahr, welches als Eigenton des Trommelfelles angesehen werden kann.

1206 Die Luft der Trommelhöhle ist nicht in sich abgeschlossen, sondern steht durch die Eustachische Trompete mit der der Rachen- und Mundhöhle, mithin der äußeren Atmosphäre in Verbindung. Wir sahen daher auch schon früher, daß man sie durch tiefes Ein- oder Ausathmen, während der Mund und die Nasenlöcher verschlossen sind, verdünnen und verdichten kann. Einzelne Menschen treiben nicht selten Luft, Tabacksrauch u. dgl. zum äußeren Ohre heraus, indem bei ihnen wahrscheinlich krankhafter Weise ein Foramen Rivini aus der Embryonalzeit zurückgeblieben oder eine andere Continuitätsunterbrechung am Paukenfell vorhanden ist. Wie dem nun aber auch sei, so muß die Eustachische Trompete einen Luftwechsel in der Paukenhöhle möglich machen. Ihre schlitzförmige Ausmündung kann diesen nur, wenn sie auch im Leben besteht, beschränken, nicht aber aufheben. Die Flimmerbewegung, welche ihre Schleimhaut darbietet, wird nicht bloß den Schleim, welcher auf ihr abgesondert wird, in Bewegung setzen, sondern auch mittelbar eine langsame Luftströmung unterhalten. Bedenken wir aber, daß Verschließungen und Verstopfungen der Tuba Eustachiana bedeutende Grade von Schwerhörigkeit erzeugen und diese durch Entfernung der genannten Hindernisse verschwinden, so läßt sich mit Recht annehmen, daß die Trompete noch andere wesentliche akustische Zwecke erfülle. Da sich aber in dieser Beziehung keine directen Beobachtungen anstellen lassen, so beruhen die in solcher Hinsicht aufgestellten Ansichten auf bloßen Hypothesen, die im günstigsten Falle möglicher Weise basirt sein können, über deren Werth aber sich höchstens ein negatives Urtheil geben läßt, wenn sie physikalischen Verhältnissen widersprechen.

1) Abgesehen von ihrem fast unzweifelhaften Nutzen, die Luft der

Trommelhöhle mit der des äußeren Gehörganges ins Gleichgewicht zu setzen und bei sehr starken Schwingungen des Paukenfelles der erschütterten Luftsäule einen Ausweg zu öffnen, kann die Tube möglicher Weise die Resonanz erhöhen. Sie wurde z. B. in dieser Hinsicht mit den Löchern des Resonanzbodens einer Violine verglichen (Henle). Läßt man eine Stimmgabel über einem mit einer Seitenröhre versehenen Cylinder schwingen, so scheint die Tönung stärker gehört zu werden, als wenn der letztere allein vorhanden ist und er eine bloße seitliche Oeffnung besitzt (Joh. Müller)[1]. Diese Bestimmungen der Eustachischen Trompete dürften am meisten der Wahrheit entsprechen.

2) Unwahrscheinlicher ist die Annahme, daß die Eustachischen Trompeten die Wahrnehmung der eigenen Stimme begünstigen. Wir hören diese entweder durch Luftschallwellen, welche sich bis zu dem äußeren Ohre fortpflanzen oder durch solche, die mittelst der festen Theile des Kopfes weitergeleitet werden. Die Ausmündungsstellen der Tuben liegen zwar allerdings von dem Zungenwerke, welches die Stimmbildung erzeugt, nicht weit entfernt. Allein die weichere Beschaffenheit der Rachenausgänge der Tuben scheinen gerade nicht sehr geeignet zu sein, diese Tonwellen unmittelbar mit der nöthigen Intensität aufzunehmen[2]. Wir hören auch das Picken einer Uhr, die auf unserer Zunge liegt, schwächer, als wenn sie zugleich die Zähne berührt. Nach Verstopfung der Eustachischen Röhre fassen die Kranken die eigene Stimme nicht wesentlich schlechter als äußere Töne auf. Wenn ich die Nasenlöcher und den Mund fest zuhalte und durch möglichst tiefes Einathmen die Oeffnungen der Eustachischen Trompeten zum Verschluß zu bringen suche, so höre ich einen unter diesen Verhältnissen hervorgebrachten hohen Stimmton minder gut als bei offenen Tuben. Mache ich aber denselben Versuch, indem ich ausathme, so klingen mir tiefe Laute ebenfalls gedämpfter als in vollkommen normalem Zustande, obgleich dann die Trompetenmündungen unzweifelhaft offen sind. Beobachtungen der Art liefern daher keine sichere Entscheidung. Dagegen

3) ist es unrichtig, wenn man glaubt, daß die völlig geschlossene Trommelhöhle keine Tönung bedingen oder störende Nebentöne erzeugen oder umgekehrt die Resonanz derselben beschränken würde, weil alle solche Ansichten bekannten akustischen Verhältnissen widerstreiten.

Ueber die eigenthümliche bei dem Besteigen von größeren Höhen von einzelnen Forschern[3] wahrgenommene Empfindung, als ob ein Bläschen im Ohre aufstiege, s. Thl. I. S. 86.

Die Schwingungen des Steigbügels und der Membrana foraminis 1207
ovalis müssen sich natürlicher Weise zunächst auf die zwischen dem knöcher-

---

[1] a. a. O. S. 446.

[2] Siehe E. H. Weber de pulsu, resorptione, auditu et tactu. Annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae, 1834. 4. p. 43. 44. Lincke a. a. O. S. 501—503. Vgl. Joh. Müller a. a. O. S. 449. 50.

[3] C. G. Carus System der Physiologie. Bd. I. Leipzig, 1838. 8. S. 254.

nen und dem membranösen Labyrinthe vorhandene Perilymphe, den häutigen Vorhof, die weichen halbcirkelförmiger Kanäle und die in diesen Gebilden enthaltene Vitrine fortpflanzen. Sie durchlaufen mithin zweierlei Flüssigkeiten, welche durch elastische, zum Theil ausgespannte Häute getrennt werden. Eine leichte Aufnahme der Schallwellen und eine Verdichtung derselben innerhalb der Vitrine, welche sich im Innern befindet, ist die unmittelbare Folge dieser Einrichtung. Die Wellen gelangen daher schnell und kraftvoll zu den Verzweigungen des R. vestibuli des Hörnerven, welche sich in dem Vorhofe und den Ampullen verbreiten. Indem aber diese Nervenfasern in der Flüssigkeit der Vitrine schwimmen, erhalten sie die Tonschwingungen aus einem Medium, das mit ihrer eigenen Consistenz und noch mehr mit dem sie durchtränkenden Ernährungsfluidum übereinstimmt.

1208 Die kleinen Labyrinthkrystalle, welche bei dem Menschen regelmäßig, aber locker zusammengehäuft sind, können nicht, wie man sich dieses vorgestellt hat, durch die Schallwellen der Vitrine in eine Art hüpfender Bewegung versetzt werden. Wenn sie auch nicht hierzu zu groß oder zu schwer wären, so hindert sie doch das zähere Bindemittel, das sie vereinigt, an jeder erheblichen Ortsveränderung. Dagegen vermögen sie als feste unterbrochene Körper die Wellen des Labyrinthes zum Theil zurückzuwerfen, auf diese Art zu verstärken, die Molecularschwingungen der Vitrine zu erleichtern und die Affection des Gehörnerven zu vergrößern [1]). Möglicher Weise, daß die Einrichtung der sphärischen und elliptischen Grube des Vorhofes mit ihrer Scheidewand diesen Erfolg ebenfalls bedingt.

Der Nutzen der halbcirkelförmigen Kanäle, sowie der der übrigen feineren Theile des häutigen Labyrinthes ist noch völlig unbekannt. Da die ersteren keine Aeste des Hörnerven empfangen und diese vielmehr an der Grenze der Ampullen aufhören, so kann in den Bogengängen selbst keine Tonempfindung Statt finden. Sie müssen daher bloß die Rolle von Verstärkungswerkzeugen übernehmen. Ihre Dreizahl und ihre gegenseitige Vertheilung in verschiedenen Höhen und Richtungen scheint darauf berechnet zu sein, daß jede Schwingung des Felsenbeines, ihre Richtung sei welche sie wolle, wenigstens einen Theil derselben senkrecht und unter den günstigsten Verhältnissen afficire. Eben so werden auch wahrscheinlich die Wellen der Vitrine in ihnen verdichtet und zu Molecularschwingungen geneigter gemacht [2]), so daß auch sie als Begünstigungsmittel der Zuleitung zum Hörnerven erscheinen können. Möglicher Weise könnten sie auch gleichartige Schallwellen in die Ampullen zurückleiten und so die Zeitdauer der Tonempfindung vergrößern. Dagegen scheinen sie nicht nach Analogie von Versuchen, welche mit Wasserröhren angestellt worden (Joh. Müller) [3]), die Schallempfindung zu verstärken. Die Hypothese, daß wir durch sie, je nachdem der eine oder der andere halbcirkelförmige Kanal

---

[1]) Cagniard-Latour in den Annales de Chimie et Physique. Tome LVI. Paris, 1834. 8. p. 295.

[2]) Cagniard-Latour a. a. O. p. 293.

[3]) a. a. O. S. 463.

afficirt wird, die Richtung des Schalles wahrnehmen (Autenrieth und Körner), hat, wie wir in der Folge sehen werden, so gut als gar keine Wahrscheinlichkeit für sich.

Wie sich von selbst ergiebt, müssen die Wellen, welche durch die Trommelhöhle und die Gehörknöchelchen geleitet werden, die Membran des eirunden Loches stärker als die Luftoscillationen der Paukenhöhle des Tympanum secundarium afficiren. Directe physiologische Nachbildungen erhärten die Richtigkeit dieses theoretischen Schlusses (Joh. Müller)[1]. Jeder Ton wird mithin im Normalzustande auf die Membran des eirunden einen größeren Eindruck als auf die des runden Loches machen. Die letztere könnte gewissermaßen als Supplement dienen, um auch die geringeren Modulationen der Paukenhöhle zum Bewußtsein zu bringen. Halten wir uns aber an die Analogie der akustischen Instrumente, so würden die Erzitterungen fester Körper, wie der Gehörknöchelchen, einen anderen Klang als die Luftwellen, welche in einer dichtwandigen Röhre wie der Trommelhöhle eingeschlossen sind, bedingen. Es ist daher wenigstens denkbar, daß erst beide zusammen die Perception eines relativ richtigen Mittelklanges verursachen. Diesem nach müßten Personen, denen die Gehörknöchelchen fehlen, die aber nicht alle Tonempfindung verloren haben, den eigenthümlichen Klang einzelner Körper anders als Gesunde wahrnehmen oder weniger genau seinen Eigenthümlichkeiten nach unterscheiden. 1209

Die Schallwellen der Perilymphe des Vorhofes sowohl als des Tympanum secundarium treffen natürlich auch den Theil des N. cochleae, welcher sich auf dem Spiralblatte der Schnecke verzweigt. Daß hier die Nervenfasern über eine in einem kleinen Raume concentrirte nicht unbedeutende Fläche neben einander ausgebreitet sind, könnte mit den eben erörterten Erscheinungen in Verbindung gebracht werden. Auch die leiseste Erschütterung, welche das Spiralblatt trifft, würde viele neben einander liegende Fasern afficiren und auf diese Art sicherer und vielleicht anhaltender wahrgenommen werden. Sobald einmal die Wellen angeregt sind, müßten sie entweder längs des Spiralblattes des Organs ablaufen oder vermuthlich eher fast gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung desselben auftreten, alle Fasern des Schneckennerven ergreifen und sich zu einem desto empfindlicheren Eindrucke summiren. Die Schnecke wäre auf diese Weise geeignet, als Supplementarorgan des Vorhofes zu wirken und die Wahrnehmung der Töne, welche durch ihn und die Gehörknöchelchen oder mit einem Worte durch das eigentliche Ohr allein empfunden werden, genauer und vollständiger aufzufassen. 1210

Dieses Verhältniß kann sich jedoch auch wahrscheinlich unter anderen Umständen umkehren. Wenn sich nämlich die Schallwellen vorzugsweise durch die Kopfknochen fortpflanzen, so müssen sie vor Allem die Schnecke und in geringerem Grade den Vorhof afficiren[2]. Ist auch das Felsenbein mit vielen von Gefäßen und Nerven erfüllten Kanälen durchzogen, 1211

[1] a. a. O. S. 443.
[2] E. H. Weber a. a. O. p. 25—47.

so läuft doch seine Knochenmasse zu sehr continuirlich zwischen diesen hindurch, als daß deswegen störende Unterbrechungen erzeugt zu werden vermöchten. Ja die sehr feste Structur, welche das Os petrosum zu dem härtesten Knochen des Körpers macht, hat wahrscheinlich eben den Zweck, die hindernden Markkanäle so sehr als möglich zu eliminiren und eine gleichartige hinreichend elastische Masse herzustellen. Gehen dann Schallwellen, wie Krankheitszustände deutlich lehren, durch die Kopfknochen, so müssen sie daher nur um so leichter das Felsenbein durchdringen. Obgleich z. B. das Holz vermöge seiner Zellen und Gefäße sehr viele Lufträume enthält, so hemmt es nicht nur die Tonwellen nicht, sondern begünstigt diese sogar, indem jeder mit Luft gefüllte Theil die Resonanz verstärkt.

Sind aber einmal die Oscillationen dem Felsenbeine mitgetheilt, so werden sie ohne allen Verlust an den Modiolus und das Spiralblatt der Schnecke gelangen, bei dem Uebertritte in das häutige Labyrinth dagegen geschwächt werden, weil sie hier, bevor sie den Hörnerven afficiren, die heterogenen Substanzen der Perilymphe, der Membranen und der Vitrine zu durchsetzen haben. Diese Unvollkommenheit wird höchstens bei dem runden Säckchen, welches dem knöchernen Labyrinthe anhaftet, in geringerem Maaße hervortreten. Indem aber des Spiralblatt der Schnecke theils knöchern, theils knorpelig ist, müßte hierbei der Hörnerv in verschiedenem Maaße getroffen werden. Ob zu gleicher Zeit die Qualität der Empfindung eine andere sei, steht dahin. Die Nervenfasern fassen zwar die Schallwellen des Vorhofes und der Ampullen aus einer Flüssigkeit, die der Schneckentreppe aus einer festen Substanz auf. Allein welche Differenzen dadurch bedingt werden, ist völlig unbekannt.

Man bedient sich, um minder deutliche oder selbst unhörbare Töne zur Wahrnehmung zu bringen, einer Reihe von Hilfsmitteln, deren Ursachen aus der Darstellung der Mechanik des Hörens von selbst erhellen. Wenn der Gehörgang durch das Ausfallen der Backenzähne und das Hinaufrücken des Unterkiefers, durch Verwundungen oder andere Verhältnisse zu sehr verengt oder verbogen worden, so kann die hierdurch bedingte Schwerhörigkeit verbessert werden, wenn man eine geeignete starre Röhre in den Meatus auditorius externus einführt und so eine bedeutendere Zuleitung von Luft-Schallwellen zum Trommelfelle möglich macht. Einen analogen Zweck verbunden mit einer stärkeren Oscillation der festen Theile haben das Anlegen der Hand an das äußere Ohr, dessen sich Schwerhörige instinctmäßig bedienen, und die verschiedenen Hörschalen und Ohrkapseln, welche von den Ohrenärzten empfohlen werden.

Die Hörrohre, deren wir uns als Stethoskope bedienen oder welche Schwerhörige gebrauchen, nützen auf mehrfache Weise. Zuvörderst wird eine begrenzte oscillirende Luftsäule nach dem Ohre getrieben, während sich anderseits die Schallwellen der festen Wandungen dem Ohrknorpel und den Kopfknochen mittheilen. Zugleich entsteht noch eine Resonanz, die den Ton klingender und voller macht. Nähere Bestimmungen in Betreff der nothwendigen Formen der Hörrohre, deren sich Taube zu bedienen haben, lassen sich bis jetzt bei dem niederen Standpunkte der Akustik nicht angeben [1]). Gesunde können den Gebrauch des Stethoskopes entbehrlich machen, wenn sie das Ohr unmittelbar auf die Brust legen und sich noch überdies den äußeren Gehörgang mit einer festen Masse ausfüllen. Die Kopfknochen und die Gehörknöchelchen empfangen hier die Schwingungen fester Substanzen durch ebenfalls feste Theile. Die Hörempfindung wird daher intensiver.

---

[1]) Siehe Lincke in Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. III. S. 446. 47.

Wie schon früher angeführt wurde, hören wir Töne sehr deutlich, wenn wir die klingenden Körper an feste Theile des Kopfes anlegen. E. H. Weber[1]) fand sogar, daß er, wenn er sich ein Ohr verstopfte und das andere offen ließ, seine eigene Stimme durch das letztere schlechter hörte als durch das erstere. Lincke[2]) dagegen bemerkte an sich und Anderen das Gegentheil, und ich muß mich wenigstens nach den an mir selbst gemachten Beobachtungen dieser letzteren Erfahrung anschließen. Ich höre meine Stimme bei verstopften Ohren mit einer eigenen Erzitterung, aber schwächer als bei offenen. Wie dem nun aber auch sei, so können wir selbst die Töne voller und zum Theil deutlicher erscheinen lassen, wenn wir einen klingenden Stab an harte Theile unseres Kopfes anlegen. Je weniger Continuitätsunterbrechung Statt findet, je sparsamer die Bedeckung durch Weichgebilde ausfällt, um so begünstigter sind natürlich auch die Verhältnisse dieses Versuches. Der Oberkiefer und der harte Gaumen eignen sich deshalb hierzu besser als der Unterkiefer. Verstopfe ich mir die Ohren so fest mit gekautem Papier, daß ich den Schlag einer Uhr, wenn sie nur 1/4 Zoll vom Ohre absteht, gar nicht mehr höre, so vernehme ich ihn, wenn ich das Glas an die Zähne oder den aufsteigenden Ast des Unterkiefers anlege, schwach, bei der Application an die Oberkieferzähne etwas deutlicher, dagegen bei der an nackte Stellen des Scheitels oder der Stirn sehr gut und bei der an die Schläfe am besten. Ich kann ihn aber nicht auffassen, wenn ich die Uhr an den Ohrknorpel oder an behaarte Stellen des Hinterhauptes bringe[3]). Eben so wird das in möglichster Entfernung gehörte Picken etwas deutlicher, wenn man den gebogenen Finger mit seinen Knochenflächen an das Uhrglas anlegt. Auf gleiche Weise verstärkt ein Stab, welcher den Resonanzboden eines musikalischen Instrumentes und die nicht behaarten Kopfknochen oder die Zähne verbindet, den Klang bedeutend. Alle diese Verhältnisse sind rein akustische und die Annahme, daß dabei der Nervenreichthum der berührten Stelle von Einfluß sei oder eine Vermittelung des Hörens durch den N. facialis Statt finde, widerstreitet positiven Thatsachen. Auch Taube bedienen sich häufig ähnlicher Mittel, um besser zu hören. Sie verbinden einen durch den Sprechenden in Schwingung versetzten Körper, z. B. eine Kanzel durch einen Stab mit ihrem Ohre oder lassen in ein resonirendes Becken reden, aus dem sie die Schallwellen mittelst eines zwischen den Zähnen gefaßten Lineals auffassen u. dgl. mehr[4]). Besondere Hörmaschinen, z. B. von Itard, die zu diesem Zwecke gebaut sind, haben meistentheils, indem sie zu complicirt und nicht transportabel ausfallen, so gut als gar keinen praktischen Werth.

Subjective Auffassung der Töne. — Wir können uns als all- 1212
gemeinen Grund der Wahrnehmung der objectiven Töne die Stöße vorstellen, welche von der Vitrine des Vorhofes und der Ampullen oder der Masse der Schneckentreppe mit der die Weichtheile durchtränkenden Flüssigkeit auf die Faserenden des Hörnerven ausgeübt werden. Daß nun dadurch der Nerveninhalt selbst in eine entsprechende Resonanz versetzt und auf diese Weise der Schall durch Fortleitung des Reizes zum Gehirn in diesem aufgefaßt werde, ist im höchsten Grade wahrscheinlich. Natürlich kann hier der bloße mechanische Stoß die Wirkung hervorbringen, während der Hörnerv, wie sich von selbst versteht, auch jedes andere Irritament durch subjective Schallperception beantwortet. Je stärker der Ton ist, um so größer muß die Schwingungsexcursion der Molecüle des oscillirenden Körpers sein, wenn auch die Wellenlänge durch diese Veränderungen keine Modificationen erleidet. Da sich aber jene Verhältnisse, welche mit dem Quadrate der Entfernungen abnehmen, gleichsam im Abdrucke im

---

1) a. a. O. p. 43.
2) a. a. O. S. 226.
3) Vgl. auch Chladni Akustik. S. 286. 87. Lincke a. a. O. S. 530.
4) Beispiele der Art s. bei Chladni a. a. O. S. 262. Lincke a. a. O. S. 530 fgg.

Labyrinthe wiederholen, so unterscheiden wir von vorn herein, ob ein Schall stärker oder schwächer ist, und hören die Töne um so weniger und undeutlicher, je entfernter wir uns von dem Orte ihres Entstehens befinden. Das Gleiche muß von den zum Theil noch unbekannten ursachlichen Momenten des Klanges gelten. Jedes gesunde Ohr ist daher für diese beiden Arten von Wahrnehmungen in hohem Grade empfänglich, obgleich natürlich der Grad der Auffassung schwacher und ferner Töne durch das Maaß der Sensibilität des Hörnerven und der Schwingungsfortpflanzungen in den vorbereitenden Theilen des Gehörorganes bestimmt wird.

1213 Anders dagegen verhält es sich mit der Auffassung der Höhe oder der Tiefe der Töne. Wir haben früher (§. 1177) gesehen, daß diese Differenz auf der Zahl der Schwingungen, welche in einer bestimmten Zeiteinheit gemacht werden, beruht. Das Gehirn muß daher, obgleich es die Summe der Vibrationen zu einer einzigen Tonempfindung verbindet, diese zeitliche Verschiedenheit zu messen im Stande sein. Das Ohr wird auf diese Art gewissermaßen zu einem Zeitsinne, gleich wie uns das Auge und die Tastempfindung in Betreff der Räumlichkeitsverhältnisse vorzugsweise belehren.

Die Bestimmung selbst aber, welche auf diese Weise zu Stande kommt, ist immer nur, selbst in den günstigsten Fällen, mehr oder minder relativ. Jeder Mensch unterscheidet zwar sehr bedeutende Abweichungen der Tonhöhen von einander. Allein diese Fähigkeit hört schon bei vielen Individuen auf, so wie die Unterschiede geringer werden. Nicht selten können Personen, die sehr gut hören, zwei benachbarte oder selbst zwei Octaventöne nicht genau und sicher sondern und musikalische Mißgriffe der Art auffassen. Sie eignen sich daher auch dann nicht, wenn sie selbst eine sehr gute Stimme haben, zum Singen, obgleich ein solcher Fehler das Wohlgefallen an der Musik keineswegs ausschließt. Allein selbst Menschen, welche sich eines musikalischen Gehörs erfreuen und dieses durch Uebung bedeutend vervollkommnet haben, vermögen nur dann feinere Nuancen der Höhe oder Tiefe zu unterscheiden, wenn ihnen ein gewisser Grundton als Anhaltpunkt gegeben ist. Das Ohr vergleicht daher dann die zeitliche Geschwindigkeit der verschiedenen Stöße unter einander. Wenn einzelne Musiker, wie Mozart, als Ausnahmen von dieser Regel citirt werden, so gehören Fälle der Art unzweifelhaft zu den größten Seltenheiten und beziehen sich wahrscheinlich sogar nur auf ein genaueres relatives Bestimmungsvermögen.

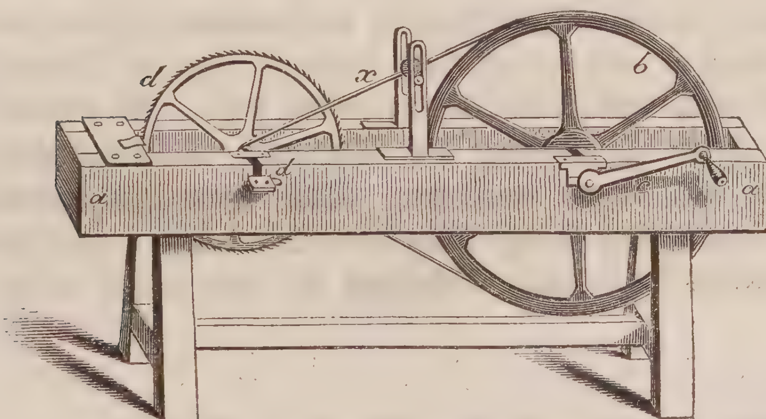
1214 Die Wahrnehmbarkeit der Töne ist natürlich, wie jede andere Sinnesempfindung, an gewisse Vorbedingungen und bestimmte endliche Grenzen gebunden. Decken sich z. B. Verdichtungs- und Verdünnungswellen, d. h. gelangen beide gleichzeitig, mit derselben Kraft und an denselben Punkten zu dem Hörnerven, so heben sie sich gegenseitig auf, und die Empfindung des Schalles verschwindet. Man nennt diese Erscheinungen nach der Analogie ähnlicher Phänomene, welche das Licht darbietet, die Interferenz der Töne. Sie kann nicht bloß bei dem Zusammenstoßen ungleichartiger Wellen verschiedener, sondern auch durch ungleiche Ge-

schwindigkeit der Oscillationen eines und desselben tönenden Körpers entstehen. Diese von Vieth zuerst entdeckte Erscheinung kehrt in den Schallphänomenen von Glasscheiben, Stimmgabeln, offenen oder gedeckten Pfeifen, Zungenpfeifen u. dgl. wieder. Führt man eine Klangscheibe senkrecht vor dem Ohre vorbei, so hört man die Töne derselben gedämpfter oder gar nicht, sobald ihre Knotenlinien der Achse des Gehörorganes gerade gegenüberstehen. Hält man eine Stimmgabel in gleicher Höhe mit der Ohrmuschel und dreht sie, indem sie in derselben Distanz bleibt, um ihre senkrechte Achse, so erreicht der Ton in einzelnen bestimmten Richtungen sein Maximum, während er an anderen Stellen auf sein Minimum herabgeht und bei nicht bedeutendem Klingen der Gabel gar nicht wahrgenommen wird.

Das Nähere über diese mehr in die Physik gehörenden Erscheinungen siehe in E. H. und W. Weber Wellenlehre. Leipzig, 1825. 8. S. 506. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 447. fgg. Repertorium der Physik. Herausgegeben von Dove. Bd. III. Berlin, 1839. 8. S. 71 und 91—93. R. Kane in Poggendorff's Annalen. Bd. LV. Leipzig, 1842. 8. S. 152—157.

Wir haben bei dem Auge gefunden, daß die Thätigkeiten desselben 1215
durch zweierlei Verhältnisse beschränkt werden können. Wir sehen einen Gegenstand undeutlich oder gar nicht, wenn er zu wenig Lichtstrahlen zu unserer Netzhaut sendet oder sobald der Gesichtswinkel eine bestimmte Grenze überschreitet. Dieser kann dann unter ein gewisses Minimum herabgehen oder so groß werden, daß in dem letzteren Falle ein Theil des erblickten Gegenstandes in den Bezirk des indirecten Sehens oder selbst jenseit desselben gelangt. In ähnlicher Weise schwindet die Gehörempfindung, sobald die Stärke der Schallwellen eine gewisse Kleinheit erreicht. Da ihre Intensität mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so hören wir auch einen Ton oder ein Geräusch um so schwächer, je weiter die erregende Ursache von unserem Ohre absteht oder je mehr Hindernisse sich der Fortpflanzung der Vibrationen entgegenstellen. Gleichwie schwache Augen für die Wahrnehmung äußerer Bilder mehr Lichtstrahlen als starke nöthig haben, so nimmt auch ein gutes Gehörorgan geringere Wellenintensitäten des Schalles besser als ein schlechtes wahr.

Fig. 196.



Es ließe sich der 1216
Analogie nach zunächst erwarten, daß das Ohr nur eine gewisse Grenze der Höhe oder Tiefe der Töne aufzufassen im Stande sei, die Wahrnehmung hingegen ausbleibe, so wie die Secundenzahl der Schwingungen ein gewisses Minimum oder Maximum überschrei-

tet. Die hierher gehörenden Untersuchungen von Savart gestatten jedoch noch kein bestimmtes Urtheil. Derselbe bediente sich eines Gestelles a Fig. 196, welches zunächst ein größeres durch einen Handgriff c und eine Kurbel drehbares Rad b enthielt. Dieses war durch eine Schnur ohne Ende x mit einem kleineren Rade d, das eine bestimmte Zahl von Zähnen in seiner Peripherie regelmäßig vertheilt hatte, verbunden. Die Zähne selbst stießen gegen eine kleine Metallplatte. Wurde nun die unmittelbare Geschwindigkeit des Rades b und die verstärkte von d groß genug, so daß eine gehörige Zahl von Stößen oder doppelten Schwingungen resultirten, so erzeugte sich natürlich ein Ton, bei welchem man die Pulsationen mit ihren regulären Zeitintervallen oder die doppelte Zahl derselben als die Größen der einfachen Vibrationen zu bestimmen im Stande war. Der Durchmesser des kleineren gezahnten Rades aber bildete natürlich eine Function dieses gesuchten Werthes. Sollten sehr tiefe Töne erzeugt werden, so wurde statt des gezahnten Rades ein einfacher Eisenstab substituirt. Hierbei ergab sich, daß man noch tiefe Töne, welche durch 7 bis 8 Stöße oder 14 bis 16 Einzelschwingungen in der Secunde entstehen, deutlich wahrnimmt [1]). Die Luftsäule einer 32füßigen Orgelpfeife dagegen macht schon bei tiefstem Anspruche 16 Stöße in der Secunde. Anderseits gaben noch 24000 doppelte oder 48000 einfache Secundenschwingungen sehr gut wahrnehmbare Töne. Allein beiderlei Grenzen können nicht als absolute angesehen werden, weil sie nur die Maxima und Minima der von Savart angewandten Räderapparate, nicht aber die der möglichen Wahrnehmbarkeit darstellten. In der That ergab sich auch aus Versuchen, die mittelst kleiner transversal schwingender Stahlblätter oder Röhren angestellt wurden, daß hier die größte Höhe 32000 Oscillationen in der Secunde beträgt und vielleicht selbst in diesem Falle die Ursache des Aufhörens der Empfindung nur in der nothwendigen geringen Amplitude der Schallwellen, welche durch den Apparat bedingt wird, liegt [2]).

1217 Zu gleicher Zeit läßt sich mittelst derselben Vorrichtung zeigen, daß die Gehörempfindungen eben so wie die Gesichtseindrücke eine Zeitlang in der Perception fortdauern. Dreht sich das Zahnrad im Anfange langsamer, so vernimmt man die einzelnen Stöße. Sie verschwimmen aber mehr mit einander, sobald sich die Geschwindigkeit vergrößert, und gehen in einen fortlaufenden Ton über, so wie die Schnelligkeit einen noch bedeutenderen Werth erreicht. Diesen Verhältnissen entsprechend hören wir auch noch Töne und Geräusche, welche auf uns einen heftigeren Eindruck gemacht haben, lange Zeit nach dem Aufhören derselben fort. Es wiederholen sich überhaupt in dieser Beziehung die ähnlichen Erscheinungen, welche die Blendungsbilder des Auges darbieten. Das Sinnengedächtniß reproducirt sie, oder sie treten noch Tage lang unwillkürlich, wenn das Ohr sonst nicht durch objective Tönungen beschäftigt ist, oder sogar anhaltend hervor.

---

[1]) Annales de Chimie et Physique. Tome XLVII. 1831. 8. p. 69—74.

[2]) Annales de Chimie et Physique. Tome XLIV. Paris, 1830. 8. p. 340.

Die eben erwähnten Erfahrungen berechtigen uns zu der Folgerung, 1218
daß das menschliche Gehörorgan unzweifelhaft 12 Octaven aufzufassen im Stande ist. Denn nehmen wir 7 Stöße als Grundton an, so haben wir für die dreizehnte Octave 28672. Diese entspricht aber 32768 doppelten Vibrationen, wenn wir von 8 als Basis ausgehen. Halten wir uns nun an das Mittel von beiden Werthen, nämlich 7,5 und 30720 doppelte oder 15 und 61440 einfache Schwingungen in der Secunde, so erfordert jede der letzteren für den tiefsten uns vernehmlichen Ton 4 Tertien, für den höchsten dagegen 0,000977 oder ungefähr $^1/_{1000}$ Tertie oder 4000 Mal weniger Zeit als der erstere. Nun haben wir früher (§. 986) gesehen, daß die Grenzen der sichtbaren Farben des Spectrums zwischen 458 und 727 Billionen Lichtätherschwingungen in der Secunde schwankten. Hieraus ergiebt sich ein Verhältniß des Minimum zum Maximum = 457 : 727 = 1 : 1,59081, mithin noch keine Octave, da diese eine Proportion = 1 : 2 fordert. In dem Ohre dagegen erhalten wir für 12 vollständige Octaven, d. h. für das dreizehnte Glied einer geometrischen Progression, deren Grundzahl 1 und deren Exponent 2 ist, 4096. Unser Gehörorgan ist daher quantitativ für die Wahrnehmung der Töne $\frac{4096}{1,59081} = 2574,79$ oder ungefähr 2600 Mal empfindlicher, als unser Auge für das Sehen der Farben.

Obgleich aber das Ohr in der Höhe und Tiefe der Töne die Zahl 1219
der Oscillationen oder die Dauer der Stöße und der zwischen ihnen liegenden Intervalle zu unterscheiden vermag, so hat doch selbst dieser Grad von Empfindlichkeit der Gehörwerkzeuge eine bloß relative Energie. Denn wenn auch eine unendliche Zahl von Schwingungsmengen zwischen einem Grundwerthe und dessen Verdoppelung oder einem Grundtone und der Octave desselben liegen kann, so ist doch selbst das beste musikalische Gehör außer Stande, alle möglichen endlichen Uebergangsstufen zu unterscheiden. Es vermag vielmehr nur Sprünge, deren relativer Werth mindestens 0,01 beträgt, ganz sicher zu erkennen. Halten wir uns zunächst an die §. 1177 verzeichneten proportionellen Schwingungszahlen des angenommenen Systemes der Musik, so ergeben sich in aufsteigender Reihe der Töne folgende Unterschiede:

Tondifferenzen.	Relativer Unterschied der Schwingungszahlen in der Secunde.	Tondifferenzen.	Relativer Unterschied der Schwingungszahlen in der Secunde.
von c bis cis	0,041667	von ges bis g	0,060000
von cis bis des	0,025000	von g bis gis	0,062500
von des bis d	0,0444444 oder 0,058333	von gis bis as	0,038000
von d bis dis	0,046296 oder 0,046875	von as bis a	0,066667 oder 0,087500
von dis bis es	0,042593 oder 0,028125	von a bis ais	0,069444 oder 0,048611
von es bis e	0,050000	von ais bis b	0,041667 oder 0,063889
von e bis fes	0,030000	von b bis h	0,097222 oder 0,075000
von fes bis f	0,053333	von h bis ces	0,045000
von f bis fis	0,055556	von ces bis $\overline{c}$	0,080000
von fis bis ges	0,051111		

Wir sehen mithin, daß keine gebräuchliche Tondifferenz die oben erwähnte Grenze erreicht, sondern dieselbe bedeutend und zwar selbst um das 9fache überschreitet. Eben so weichen die verschiedenen Stimmgabeln eines und desselben oder mehrerer Orchester um mehr als jener Grundwerth beträgt von einander ab, obgleich natürlich hierbei schon bedeutendere Annäherungen an denselben vorkommen müssen [1]. Im Allgemeinen läßt sich jedoch annehmen, daß ein gutes musikalisches Ohr zwei Töne noch deutlich als different wahrnimmt, wenn sich ihre Schwingungsmengen = 80 : 81 = 1 : 1,01250 oder wie 100 : 101 = 1 : 1,01000 verhalten. Jede kleinere Abweichung stört daher nicht die gleiche Stimmung zweier Instrumente. Diese Erscheinung läßt sich in gewisser Beziehung mit der des kleinsten Gesichtswinkels im Auge vergleichen.

1220 Das durch ihre absolute Schwingungsmengen bedingte Verhältniß zweier Töne zu einander heißt ein Intervall. Wiederholen wir uns aber zunächst, um die Natur dieser Phänomene specieller kennen zu lernen, die in §. 1177 verzeichneten Grundwerthe der in jeder Octave angenommenen sieben Haupttöne und fügen die ihnen entsprechenden ganzen Proportionalzahlen hinzu, so haben wir:

[1] Siehe Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 313.

c	d	e	f	g	a	h	$\bar{c}$
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
24	27	30	32	36	40	45	48

Mithin verhält sich hiernach:

c : d = 24 : 27 = 8 : 9 = 1 : 1,125 .
d : e = 27 : 30 = 9 : 10 = 1 : 1,111.....
e : f = 30 : 32 = 15 : 16 = 1 : 1,066.....
f : g = 32 : 36 = 8 : 9 = 1 : 1,125.
g : a = 36 : 40 = 9 : 10 = 1 : 1,111.....
a : h = 40 : 45 = 8 : 9 = 1 : 1,125.
h : $\bar{c}$ = 45 : 48 = 15 : 16 = 1 : 1,066.....

Es zeigen sich also zweierlei Klassen von Intervallen. Die einen, wie c und d, d und e, f und g, g und a und a und h haben dieselben bedeutenden Größenunterschiede = 0,125 oder 0,111..., wie die Distanz von c und d. Die anderen dagegen, wie e und f und h und $\bar{c}$ besitzen in dieser Hinsicht nur einen Werth = 0,066.... Die ersteren heißen daher auch größere Intervalle oder ganze Töne, die letzteren kleinere Intervalle oder halbe Töne. Es werden mithin leichter zwischen jenen als diesen untergeordnete halbe Tönungen eingeschaltet werden können.

Daß sich aber das Octavensystem der Musik mit keinen bloßen gan- 1221
zen Haupttönen zu begnügen im Stande sei, sondern halbe zwischen ihnen einschalten müsse, erhellt schon daraus, daß sonst nicht die Octaven, je nachdem man von verschiedenen Grundtönen ausgeht, einander entsprechen würden. Denn gesetzt, wir wollten statt der c-Tonleiter die g-Tonleiter substituiren, so hätten wir, wenn wir die erstere bis zur g-Octave fortführen:

c	d	e	f	g	a	h	$\bar{c}$	$\bar{d}$	$\bar{e}$	$\bar{f}$	$\bar{g}$
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2	9/4	5/2	8/3	3

Setzen wir aber g = 1, so daß wir jeden Werth, der zwischen g und $\bar{g}$ liegt, durch 3/2 dividiren, so erhalten wir:

g	a	h	c	d	e	f	g
1	10/9	5/4	4/3	3/2	5/3	16/9	2
36	40	45	48	54	60	64	72

Es verhält sich daher:

g : a = 36 : 40 = 9 : 10 = 1 : 1,111.....
a : h = 40 : 45 = 8 : 9 = 1 : 1,125.
h : c = 45 : 48 = 15 : 16 = 1 : 1,066.....

c : d = 48 : 54 = 8 : 9 = 1 : 1,125.
d : e = 54 : 60 = 9 : 10 = 1 : 1,111.....
e : f = 60 : 64 = 15 : 16 = 1 : 1,066.....
f : g = 64 : 72 = 8 : 9 = 1 : 1,125.

Betrachten wir aber in der g-, wie in der c-Tonleiter die Intervalle 1,125 und 1,111.... als einander gleich, so findet sich von g bis e kein wesentlicher Unterschied. Wir haben dagegen hier in dem Intervall e : f nur 1,0666 und in dem von f : g 1,125, während bei der c-Tonleiter das Umgekehrte Statt findet. Sollen daher beide conform werden, so müssen wir jetzt statt des ganzen Tones f den halben fis = $^{25}/_{9} \times {}^{2}/_{3} = {}^{50}/_{27}$ nehmen. Dieses entspricht für den Grundwerth 36 der relativen Zahl 66,666.... Mithin verhält sich:

e : fis = 60 : 66,666 ..... = 1 : 1,111 .... und fis : g = 66,666 .... : 72 = 1 : 1,08. Das der c-Tonleiter correspondirende Verhältniß findet also nur dann auf eine approximativ richtigere Weise Statt, wenn man die g-Octave als g, a, h, c, d, e, fis, $\overline{g}$ auffaßt.

1222 Wird ein musikalisches Gehör gleichzeitig oder unmittelbar hinter einander durch zwei Töne afficirt, so resultirt je nach Verschiedenheit der Intervalle ein angenehmer oder unangenehmer Eindruck. Bezeichnet man aber das Zusammenklingen derselben mit dem Namen eines Accordes, so ist dieser in dem ersteren Falle richtig oder consonirend, in dem letzteren unrichtig oder dissonirend. Eine Folge angenehmer Töne heißt eine Melodie und eine Reihe richtiger Accorde eine Harmonie.

1223 Die Consonanz beruht auf keinen Zufälligkeiten, sondern auf dem Grundgesetze, daß nur diejenigen Töne, deren verhältnißmäßige Schwingungsmengen durch unmittelbar auf einander folgende und nicht zu große Zahlen ausgedrückt werden, angenehm, die anderen dagegen dissonirend erscheinen. Sie ist also nur der Ausdruck der Einfachheit der Intervalle. Hiernach würden zunächst die immer steigenden Octaventöne, z. B. c, $\overline{c}$, $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$, welche die Verhältnisse 1, 2, 4, 8 u. s. w. darbieten, hierher gehören. Allein wenn uns auch nicht eine solche Combination unangenehm berührt, so ist sie doch zu einfach, als daß sie eine besondere anregende Wirkung auf unser Ohr ausübte. Man wählt daher in der Musik untergeordnete Verbindungen einzelner Octaventöne, die doch noch in die Kategorie der Consonanz kommen. Dieses ist z. B. bei jedem Grundtone und seiner großen Quinte der Fall. Denn wir haben c : g = 24 : 36, f : $\overline{c}$ = 36 : 48, g : $\overline{d}$ = 36 : 54 oder a : e = 40 : 60 = 2 : 3. Will man drei Töne mit einander verbinden, so ergiebt sich als ein sehr natürliches Verhältniß der Grundton, die große Terz und die große Quinte oder c : e : g = 24 : 30 : 36, f : a : $\overline{c}$ = 32 : 40 : 48, g : h : d oder = 36 : 45 : 54 = 4 : 5 : 6. Man nennt daher auch eine solche Combination den harmonischen Dreiklang. Eben so bilden nie Töne, welche in ihren Intervallen auf die einfachen Werthe 1, 2, 3, 4, 5 und 6 oder ihre Multipla in ununterbrochener Folge reducirbar sind,

wie z. B. c, $\bar{c}$, $\bar{g}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{e}}$, eine Dissonanz. Eine solche entsteht dagegen z. B. zwischen der großen Secunde und der Septime oder d und h, weil d : h = $^9/_8$: $^{15}/_8$: = 3 : 5. Das Gleiche findet natürlich mit dem Accorde c, gis und h Statt. Denn wenn zwar c : g = 2 : 3, so hat c : gis = 1 : $^{25}/_{16}$ = 16 : 25 und gis : g = $^3/_2$: $^{25}/_{16}$ = 24 : 25. Es kommen mithin dadurch keine einfacheren Intervallzahlen zu Stande. Im Ganzen also wird das wahre Annehmlichkeitsgefühl des Gehörs durch Töne bedingt, deren Auffassung weder zu leicht, noch zu schwer und ermüdend ist.

Der Dreiklang der Dur-Tonarten entsteht durch den Grundton, die 1224
große Terz und die Quinte oder die Intervallzahlen 4 : 5 : 6. Wir haben daher für den zweiten Ton im Verhältniß zum ersten $^5/_4$ oder die große Terz und für den dritten Ton in Proportion zum zweiten $^6/_5$ oder die kleine Terz, und können deshalb auch den Dur-Dreiklang als eine Combination eines Grundtones und zweier relativer Tertien, von denen die große der kleinen vorangeht, ansehen. Werden dagegen die Verhältnisse zwischen den beiden äußersten Tönen zu dem Mitteltone gleich gemacht, so daß wir statt 4 : 5 : 6 die Intervallverhältnisse $4 : \frac{4 \times 6}{5} : 6 = 4 :$ $^{24}/_5$: 6 oder c, es und g erhalten, so schreitet der Ton weniger rasch fort, wird schwerfälliger und weicher. Es entsteht so der Moll-Dreiklang. Hierbei verhält sich 4 : $^{24}/_5$ = 20 : 24 = 1 : 1,2, d. h. wie der Grundton zur kleinen Terz und $^{24}/_5$: 6 = 24 : 30 = 1 : 1,25 oder wie der Grundton zur großen Terz. Indem aber hier auf diese Weise die kleine Terz der großen voraneilt, bieten in dieser Hinsicht der Moll- und der Dur-Dreiklang ein entgegengesetztes Verhältniß dar.

Jeder Accord wird, wenn er auch absolut genommen dissonirend ist, 1225
dem Ohre um so consonirender erscheinen, je geringer seine Unterschiede von den mathematisch geforderten Verhältnissen ausfallen. Wir werden aber die Abweichungen gar nicht störend finden, sobald sie unter der §. 1219 angegebenen Grenze herabsinken. Erreicht das Intervall die eben noch wahrnehmbare Differenz von 0,0125 oder 0,0100 oder steht es diesen Zahlen auf eine von dem Gehör nicht mehr genau zu unterscheidende Weise nahe, so heißt es ein Komma. Da nun aber jeder Ton des Octavensystemes als Grundton dienen kann, so müßten alle nachfolgenden Töne in demselben Verhältnisse zu einander wie in der c-Tonleiter stehen. Nun ist dieses, wie wir gesehen, nicht der Fall. Indem aber unmöglich alle geforderten Zwischentöne durch besondere Noten ausgedrückt werden können, so würden dann, wenn man sich an die strengen mathematischen Forderungen halten wollte, bei einer größeren, zusammenhängenden, willkürlichen Reihe von Tönen Werthe eines Grundtones entstehen, welche auf wesentliche Weise von ihren wahren Schwingungszahlen differiren. Man statuirt daher Abweichungen der Intervalle, die dem Gehörorgan möglichst wenig auffallen und nennt diese Gesammtunterschiede die Temperatur eines Instrumentes, die einzelne eines Intervalles dagegen die Schwebung.

34*

Kehrt diese regelmäßig wieder, so hat man eine gleichschwebende, wenn nicht, eine ungleichschwebende Temperatur. Bei der letzteren, welche fast gar nicht gebraucht wird, sind einzelne Töne in ihrer Reinheit vor den übrigen begünstigt.

Ueber diese in die Tonlehre gehörenden Verhältnisse s. Chladni die Akustik. Leipzig, 1802. 4. S. 12 fgg. u. S. 32 fgg. Vgl. auch Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 333—43.

1226 Wenn zwei Töne, die sich äußerst nahe am Einklang befinden, gleichzeitig hervorgebracht werden, so hört man den Grundton in intensiverem Maaße und zwar so, daß die Verstärkung in der ersten halben Secunde stetig wächst, in der zweiten dagegen regelmäßig abnimmt. Denn gesetzt, der eine mache 100, der andere 101 Schwingungen in der Secunde, so werden die Wellen des letzteren denen des ersteren zunächst voraneilen, dann aber von jenen eingeholt werden, bis beide am Ende der Secunde zusammentreffen. Es muß daher die Differenz, wenn sie sich als keinen Höhenunterschied, sondern als bloße Verstärkung kundgiebt, in der Hälfte der Zeit ihr Maximum erreichen, vor dieser allmälig wachsen und später nach und nach abnehmen.

1227 Treffen mehrere Töne das Ohr gleichzeitig, so empfindet es nicht die Resultate der verschiedenen einfallenden Wellenzüge, sondern zerlegt diese in ihre einzelnen Componenten und hört die gesonderten verschiedenen Töne z. B. eines Accordes. Ob sich dann die mannichfachen Schallwellen zum Theil interferiren und dadurch isolirter an den verschiedenen Stellen des Vorhofes, der Ampullen und der Schnecke zur Perception kommen, steht dahin. In dieser Beziehung hat das Ohr eine schärfere Auffassungsgabe als das Auge, obgleich auch dieses andere Gegenstände durch durchsichtige oder halbdurchsichtige Objecte zu erkennen vermag.

1228 Mit dem Namen des Klirrtones bezeichnet man einen zweiten Ton, der unter gewissen Verhältnissen außer der geforderten Tönung zu Stande kommt. Läßt man z. B. eine schwingende Seite auf einen in ihrer Mitte untergesetzten Steg schlagen, so vernimmt man außer der höheren Octave des Grundtones der Saite die untere Quinte (Chladni) oder die höhere Quarte desselben (Nörrenberg), oder beide zugleich, jedoch die erstere mit größerer Deutlichkeit (Seebeck). Aehnliche Erscheinungen geben sich auch unter verschiedenen Verhältnissen an Stimmgabeln, welche auf einen Tisch aufgesetzt werden, zu erkennen. Obgleich manche dieser Phänomene, vorzüglich die zuerst genannten, welche die Saiten betreffen, noch nicht genügend erklärt werden können, so leidet es doch kaum einen Zweifel, daß die eben erwähnten Wirkungen rein objective und keine bloß subjectiven Reactionen des Gehörorganes sind.

1229 Dasselbe gilt von den sogenannten Tartinischen oder den Combinationstönen. Erklingen nämlich zwei Körper zugleich, so muß natürlich das Ohr stärker afficirt werden, wenn es die Impulse gleichzeitig,

[1]) Siehe Repertorium der Physik. Herausgegeben von H. W. Dowe. Bd. III. 1839. 8. S. 53—55.

als wenn es sie in verschiedenen Momenten empfängt. Sind nun die beiden Töne von derselben Höhe, so kann hierdurch in keinem Falle eine abweichende dritte Combinationsempfindung entstehen. Denn beginnen ihre Stöße gleichzeitig, so fallen auch ihre Maxima jedes einzelne Mal genau zusammen. Fangen sie ungleichzeitig an, so kann natürlich gar keine Coincidenz ihrer größten Werthe Statt finden. Sind dagegen ihre Schwingungsmengen verschieden, so wird zu gewissen Perioden, ihre Stöße mögen gleichzeitig oder ungleichzeitig beginnen, ein Punkt eintreten, in welchem die ungleichen Maxima der Impulse zusammenfallen und, wenn sie schnell genug auf einander folgen, die Empfindung eines dritten oder eines Combinationstones veranlassen. Man hört daher einen solchen bei genauer Aufmerksamkeit, wenn man zwei verschiedene Töne auf einer Geige oder Pfeife, nicht aber, wenn man sie auf einem Claviere angiebt. Wurde z. B. die $\overline{\mathrm{d}}$-Seite einer Violine in $\overline{\mathrm{e}}$ gestimmt und streicht man sie dann mit der $\overline{\mathrm{a}}$-Seite anhaltend und gleichmäßig an, so kommt zunächst das tiefe A als tartinischer Ton zum Vorschein. Macht $\overline{\mathrm{a}}$ 880 und daher $\overline{\mathrm{e}}$ $0{,}75 \times 880 = 660$ Schwingungen in der Secunde, so gleicht der Combinationston $A = 880 - 660 = 220$ Oscillationen; oder, allgemein ausgedrückt, wird dieser $= x$, wenn die Schwingungen der beiden Töne durch r und s bezeichnet werden, $= s - r$ sein. Der erste Combinationston erzeugt dann aber durch ähnliche Momente einen schwächeren zweiten, dieser einen dritten u. s. f., bis endlich die Empfindlichkeit des Gehörorganes den Verhältnissen eine Grenze setzt. Im Allgemeinen stören jedoch diese tartinischen Töne, die immer tiefer sind, die Harmonie nicht, weil sie meist ohne besondere Aufmerksamkeit der Wahrnehmung entgehen.

Eine ausführliche von Dove und Seebeck verfaßte Darstellung der schwierigen Details dieser Combinationstöne findet sich in dem Repertorium der Physik. Bd. III. Berlin, 1839. 8. S. 1—53 u. Bd. VI. 1842. 8. S. 90—100.

Die Entfernung des Schalles läßt sich nur indirect durch Ver- 1230
gleichung der Stärke desselben mit der Natur des tönenden Körpers bestimmen. Wir halten im Allgemeinen einen schwächeren Ton für weiter, einen stärkeren für näher. Daß aber dieses Verhältniß nicht minder bedeutende, ja selbst größere Irrungen als bei dem Auge veranlassen könne, versteht sich von selbst. Wir halten z. B. einen auf unserer Straße vorüberfahrenden Wagen für ferner, wenn die Fenster fest geschlossen, als wenn sie geöffnet sind. Die Bauchredner benutzen die Dämpfung der Stimme, um ihr den Schein einer größeren Distanz zu verleihen.

Aehnliche Phänomene kehren für die Bestimmung der Richtung des 1231
Schalles wieder. Wir beurtheilen sie nämlich, wenn wir mit einem Ohre hören, nach der Art, wie die Schallwellen in dasselbe gelangen. Wir nehmen sie natürlich am deutlichsten wahr, wenn sie sich gerade in der Verlängerung der Achse unseres äußeren Gehörganges befinden, und sind demgemäß im Stande, uns durch Wendung des Kopfes und Vergleichung der verschiedenen Intensitäten des Schalles wenigstens ungefähr zu orientiren. Wir suchen deshalb auch unser Ohr bei dem Auf-

horchen in die Richtung der Schallwellen zu bringen. Taube gebrauchen dasselbe Mittel schon bei dem gewöhnlichen Hören.

Die Differenz der Entfernungen kann noch eine Modification der gehörten Töne unter gewissen Verhältnissen der Zurückwerfung der Schallwellen veranlassen. Nähert man sich nämlich während eines Geräusches einem Gegenstande, der dasselbe zu reflectiren im Stande ist, so vernimmt man mitten aus ihm heraus einen Ton. Dieser wird bei Zunahme der Entfernung nach und nach tiefer, bei Abnahme derselben dagegen höher. Am besten dienen zu solchen Versuchen eine senkrechte Wand und Geräusche, wie das Toben des Meeres, das Rauschen eines Wasserfalles oder der Bäume im Winde u. dgl. Nach den Beobachtungen von Savart verhalten sich hierbei die relativen Entfernungen fast ganz wie die verhältnißmäßigen Wellenlängen der Töne. Es ergab sich z. B.

Ton der Skale.	Relativer Abstand des Ohres von der Mauer.	Relative Wellenlänge.
C	1,00	$1{,}00 \times 1 = 1{,}00$
D	0,90	$1{,}00 \times \frac{8}{9} = 0{,}89$
E	0,81	$1{,}00 \times \frac{4}{5} = 0{,}80$
F	0,76	$1{,}00 \times \frac{3}{4} = 0{,}75$
G	0,67	$1{,}00 \times \frac{2}{3} = 0{,}67$
A	0,61	$1{,}00 \times \frac{3}{5} = 0{,}60$
H	0,54	$1{,}00 \times \frac{8}{15} = 0{,}53$
c	0,50	$0{,}50 \times 1 = 0{,}50$
d	0,45	$0{,}50 \times \frac{8}{9} = 0{,}44$
e	0,41	$0{,}50 \times \frac{4}{5} = 0{,}40$
f	0,38	$0{,}50 \times \frac{3}{4} = 0{,}38$
g	0,34	$0{,}50 \times \frac{2}{3} = 0{,}33$

Siehe das Nähere dieser und der Reflexerscheinungen eines einzelnen Tones bei Seebeck in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. S. 19—27 u. Poggendorff's Annalen. Bd. LIX. 1843. 8. S. 177.

1232 Wenn wir mit beiden Ohren zugleich hören, so beurtheilen wir die seitliche Stellung des tönenden Körpers nach dem größeren Eindrucke, welcher auf das eine oder das andere Gehörorgan Statt findet. Wir versetzen aber den Eindruck in die Mitte, wenn er beide Ohren mit der gleichen Intensität afficirt. Hierbei findet jedoch die Eigenthümlichkeit Statt, daß die Unterscheidung von vorn und hinten mangelhaft wird. Fährt z. B. ein schwerer Postwagen auf der Straße, ohne daß wir ihn sehen, vorüber, so wissen wir im Anfange nicht, ob er sich mit uns in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung hinbewegt [1]). Denn natürlicher

[1]) Vgl. Lincke a. a. O. S. 549.

Weise müssen dieselben Stöße, indem sie durch Oscillation von Verdünnungs- und Verdichtungswellen angeregt werden, mit ihren Impulsen von vorn und hinten abwechseln. Erst wenn sie in größerer Ferne schwächer werden oder im Verhältniß zu beiden Ohren ungleiche schiefe Richtungen erhalten, kann auch in dieser Hinsicht eine vollkommnere Distinction des Ortes zu Stande kommen.

Wenn ein Mensch, der sonst auf beiden Ohren gut hört, auf dem einen momentan taub wird, so scheinen ihm alle Geräusche von der Seite des gesunden Ohres herzukommen. Als ich mich ein Mal in Folge einer katarrhalischen Affection meines rechten Ohres in diesem Falle befand, so glaubte ich z. B. immer, wenn ich mein krankes Gehörorgan einer Landstraße, mein gesundes den Feldern zuwandte, daß die dahinrasselnden Wagen auf den letzteren und nicht auf der Straße führen. Diese Täuschung verschwand erst einige Tage nachdem das Unwohlsein eingetreten, und das Normalverhältniß gewann hierbei dergestalt die Oberhand, daß ich in dieser Beziehung während der Reconvalescenz gar keinen Unterschied mehr wahrnahm.

Daß wir auf beiden Ohren zweierlei Eindrücke erhalten und erst 1233
diese zu einer einfachen Auffassung combiniren, unterliegt schon theoretisch keinem Zweifel und erhellt auch aus der Beurtheilung der seitlichen Lage des tönenden Körpers, je nachdem das eine Gehörorgan stärker als das andere afficirt wird. Hierher gehört auch die Erfahrung von Steinheim [1]), daß man, wenn man mit zwei Fingern der linken Hand zwei Viertel und mit einem der rechten eine halbe Note am Klavier anstimmt und die letztere mit den beiden ersteren zusammenfällt, statt drei vier Töne, nämlich links eine Triole und rechts den einen Schlag hört und mithin den der rechten Seite mit jedem Ohre gesondert wahrnimmt. Dieses Verhältniß kann wahrscheinlich durch Aufmerksamkeit und Uebung in bedeutendem Maaße erhöht und demnächst benutzt werden. Manche Menschen besitzen das Vermögen, während sie selbst anhaltend mit einer Person sprechen, der selbstständigen Unterhaltung anderer benachbarter Individuen zu folgen. Ich selbst habe diese Fähigkeit, und fast schien es mir, als wenn ich wenigstens bisweilen die beiden Reden gleichsam in meine beiden Ohren vertheilte. In Krankheitsfällen tritt nicht selten Doppelthören ein. Hier erscheinen sogar die Töne, welche durch das eine Ohr wahrgenommen werden, in manchen Fällen höher als die, welche das andere wiedergiebt (Sauvages, Itard, Gumpert) [2]).

Subjective Gehörsempfindungen. — Eine Reihe derselben 1234
entsteht wiederum dadurch, daß die inneren Theile des Gehörorganes die objective Veranlassung der Tonwahrnehmung geben und diese daher, obgleich sie durch adäquate objective Ursachen veranlaßt wird, auf das Subject selbst beschränkt bleibt. Hierher gehört das dumpfe Knacken bei den Zusammenziehungen des Tensor tympani, das Rauschen und Rasseln bei Verdünnung oder Verdichtung der Luft der Trommelhöhle, bei heftigem Niesen, Schneuzen, Beißen, bei energischer Senkung des Unterkiefers u. dgl. Während der heftigen Aufregung in Folge zu angestrengten Laufens oder

---

[1]) Hecker's neue wissenschaftliche Annalen. Bd. III. Berlin, 1836. 8. S. 278. 79.
[2]) Siehe G. v. Gaal Die Krankheiten des Ohres und deren Behandlung. Wien, 1844. 8. S. 244—46.

noch besser zu sehr forcirten Bergsteigens hört man nicht selten ein pulsirendes Geräusch im Ohre, welches wahrscheinlich durch die bedeutenderen Congestionen nach dem Gehörorgane bedingt wird.

1235 Jede inadäquate Reizung des Hörnerven erzeugt natürlich das Gefühl der Tonempfindung. Dieses erhärten z. B. die verschiedenen Arten von Ohrensausen, welche durch Congestionen nach dem Kopfe, Entzündungen, Geschwülste u. dgl., die den Gehörnerven afficiren, entstehen. Welche Momente bald pfeifende, bald rasselnde oder dumpfe Töne bei dieser Gelegenheit veranlassen, ist noch unbekannt. Wird ein galvanischer Strom durch ein oder beide Ohren geleitet, so entstehen leicht äußerst heftige Wirkungen, weil wahrscheinlich die dichten und feuchten Felsenbeine sehr gut leiten. Bei schwächeren Graden des Effectes erzeugt sich eine Empfindung, wie wenn eine zähe Substanz kochte (Volta). Auch soll der Ton, sobald sich nur eine Elektrode im Ohre befindet, höher ausfallen, wenn diese die negative, und tiefer, wenn sie die positive ist (Ritter). Durch bedeutendere galvanische Ströme entstehen aber nicht bloß subjective Gehörempfindungen, sondern auch Betäubung, Schwindel, Ohnmachten u. dgl. Ist der Schlag einer starken Leidener Flasche oder Batterie durch einen Menschen und vorzüglich seinen Kopf geleitet worden, so erhält sich nicht selten das Ohrensausen länger als alle übrigen belästigenden Zeichen. Ueber die subjectiven Folgen der chemischen Reizung des Gehörnerven liegen bis jetzt keine speciellen Erfahrungen vor.

Aehnliche Perceptionen erscheinen bisweilen nach Nervenreizungen. Ein leises Hinfahren der Finger längs der Oberfläche der Wange erzeugt bei manchen Menschen ein Brausen im Ohre (Henle)[1]. Bei Schlaflosigkeit entsteht manches Mal ein heftiges feines Ohrenklingen, das an dem Einschlafen hindert, sogleich dagegen verschwindet, so wie man die Töne durch nähere Aufmerksamkeit zu fesseln sucht[2].

Die pathologisch-physiologischen Erfahrungen, welche bis jetzt über die Gehörverhältnisse in Krankheiten vorliegen, sind noch nicht vollständig genug, um immer ein sicheres Urtheil darüber zu fällen, ob der Grund der abweichenden Momente in einem Leiden des Hörnerven oder einem solchen der vorbereitenden Apparate oder beider zugleich liege. Daß Mangel, Lähmung oder Zerstörung des N. acusticus Taubheit nach sich ziehe, versteht sich von selbst. Dagegen soll bloße Vernichtung des Ramus cochleae keine solche absolut bedingen, indem dann noch eine Gehörempfindung durch den N. vestibuli möglich wird[3]. Vielleicht auch, daß dieser allein oder in bedeutend höherem Maaße bei Tauben leidet, welche zwar nicht durch das Ohr, aber doch noch durch die Kopfknochen Töne vernehmen. Noch dunkeler ist der größte Teil der specifischen Abweichungen der Tonperception, welche manche Gehörkranke darbieten. Bisweilen ist der Hörnerv dergestalt empfänglich, daß schon gewöhnliche Schallwellen in übermäßigem Grade reizen und eine unangenehme Empfindung veranlassen. Die Perforation des Trommelfelles ruft z. B. nicht selten ein solches Leiden hervor. Noch häufiger geben umgekehrt nur starke Töne einen hinreichenden Grad von Wahrnehmung. Seltener sind die Fälle, wo Menschen gewöhnliche Geräusche nicht vernehmen, musikalische Töne dagegen deutlich, oder zwar die Musik, nicht aber die Sprache auffassen können. Ausnahmsweise findet sich

---

[1]) Müller's Physiologie. Bd. II. S. 482. 83.

[2]) De functionibus nervorum p. 115. Vgl. Steifensand in Froriep's Notizen. 1840. 4. Nr. 303. S. 263.

[3]) Esser Annales des sciences naturelles. Tome XXVI. Paris, 1832. 8. p. 59.

auch, daß Menschen nur dann hören, wenn nebenbei viel Lärm gemacht wird. Diese Art von Taubheit wird mit dem Namen der Paracusis Willisiana bezeichnet, weil Willis [1]) darauf aufmerksam machte, daß manche Individuen nur während des Waffengeräusches, des Blasens von Hörnern, des Trommelschlages das Gespräch Anderer zu vernehmen im Stande sind.

Der Mangel des Gehörorganes steht mit den geistigen Kräften in innigerer Beziehung als der des Gesichtsorganes. Geistlose Leute, Halbcretins und vollkommene Cretins sind in der Regel harthörig oder sogar vollkommen taub. Taubstumme erlangen fast nie jene Höhe der Cultur und vorzüglich jene Gemüthlichkeit und Güte, deren Blinde fähig sind. Ihr Charakter fällt leicht störrisch, tückisch und jähzornig aus, oder es verbindet sich mit ihrer Infirmität eine gewisse Schwachheit des Geistes. Zu gleicher Zeit verträgt auch ihr Körper chirurgische und medicamentale Eingriffe in bedeutenderem Maaße (Itard, Mansfeld). Uebrigens sind die Desorganisationen der Gehörwerkzeuge, welche ihr Leiden bedingen, sehr mannichfacher Art. Oft hat man es mit angeborenen Entwickelungsfehlern, oft mit acquirirten Leiden zu thun. Difformitäten des äußeren Ohres und Verstopfungen des äußeren Gehörganges sind im Ganzen selten; häufiger schon finden sich Mangel, theilweise Zerstörungen oder andere Entartungen des Trommelfelles, Verstopfung der Trommelhöhle, der Zellen des Zitzenfortsatzes oder der Eustachischen Trompete mit fremdartigen Massen, Defect oder Unvollkommenheit der Gehörknöchelchen, Fehlen oder übermäßige Kleinheit des runden Fensters, des Vorgebirges, Unvollständigkeit der Schnecke, Kleinheit des ovalen Loches oder des Vorhofes und vorzüglich Hemmungsbildungen der halbzirkelförmigen Kanäle u. dgl. mehr.

Riechen.

Das Geruchsorgan besitzt nicht jene mannichfachen und verwickelten 1236
Vorbereitungswerkzeuge, welche wir an dem Auge und dem Ohre wahrnehmen. Der sensuelle Träger dieses Sinneswerkzeuges, der Riechnerv, verbreitet sich unmittelbar in der Schneider'schen Haut der Nasenhöhle und zwar, so viel man bis jetzt weiß, bis zu dem oberen Rande des untersten Viertheils der Nasenscheidewand, in die Siebbeinzellen und die obere und mittlere Muschel, so daß die am tiefsten gelegenen Parthieen der inneren Nase nicht mehr als Sinnesapparat zu functioniren scheinen. Dieser unmittelbare Verlauf der empfindenden Nerven in einer sonst freiliegenden Schleimhaut erinnert schon in hohem Grade an die einfacheren Einrichtungen, welche der tastenden äußeren Haut oder den inneren Membranen zukommen. Die Geruchsgegenstände erleiden daher, bevor sie die Perception vermitteln, eine verhältnißmäßig sehr geringe Verarbeitung. Als einzigen Ersatz für besondere Concentrationsvorrichtungen dienen die mannichfachen Unebenheiten, welche die Nasenschleimhaut vermöge der Theile, an welche sie sich heftet, darbietet. Die Geruchsauffassung wird auf diese Art in ähnlicher Weise, wie die Perception feiner Töne durch die Ausbreitung des Schneckennerven quantitativ vermehrt und daher auch empfindlicher gemacht. Diesem entsprechend wächst auch die hierdurch bedingte Oberflächenvergrößerung mit der Schärfe des Sinnesorganes bei Menschen und Thieren.

---

[1]) Th. Willis Opera medica et physica. Lugduni, 1676. 4. De anima brutorum. p. 99.

1237 Objectives Riechen. — Wird nicht der Mund allein als Respirationsrohr gebraucht, so leiten die Athembewegungen einen Strom von Atmosphäre längs der riechenden Schleimhaut des Menschen und der in der Luft lebenden Thiere dahin. Er muß zum Theil bei uns, da unsere Nasenlöcher senkrecht nach unten gerichtet sind, zuerst in die Höhe gehen und sich dann bogig umbiegen, um zu den Choanen zu gelangen. Hierdurch ist er genöthigt, gerade den sensuellen Theil der Schneider'schen Haut mehr oder minder zu bestreichen. In ihm enthaltene riechende Stoffe werden daher bei dieser Einrichtung durch den N. olfactorius mit Leichtigkeit wahrgenommen.

1238 Es unterliegt keinem Zweifel, daß vor Allem nur solche Körper, welche der Verflüchtigung fähig sind und sich daher als Dünste mit der Atmosphäre vermischen, passende Objecte für unseren Geruchssinn darstellen. Allein eine andere Frage ist, ob der elastisch-flüssige Zustand allein ein absolutes Requisit in dieser Hinsicht bilde oder nicht. Wir riechen allerdings feine Pulver, welche in der Luft mechanisch suspendirt sind, deutlicher, wenn sie in unsere Nase gelangen, als wenn sie von derselben entfernt bleiben. Hierdurch wird jedoch nichts entschieden, weil ihre Verdampfungsatmosphäre sehr gering sein und mithin die Perception derselben bei einer gewissen nicht sehr großen Entfernung hinwegfallen kann. Flüssige Stoffe, wie z. B. Wasser, welches etwas Salzsäure, Chlor, Kohlensäure enthielt, Aetherarten erzeugten keine Geruchsemfindung, sobald sie hoch hinauf in die Nase gespritzt wurden (Tourtual)[1]. Allein auch hier fragt es sich, ob nicht der mechanische sensible Eindruck, welcher die nothwendige Folge solcher Versuche bildete, den sensuellen überwand oder die hierdurch verursachte chemische Veränderung des Nasenschleimes die Auffassung unmöglich machte, oder, wie wir später sehen werden, die Strömungsrichtung selbst den negativen Erfolg veranlaßte. Dagegen ist es keine Frage, daß die elastisch-flüssige Cohäsion der riechbaren Substanzen die Empfindung derselben in hohem Grade befördert. Die Wärme oder die Reibung, welche diese Bedingung begünstigt, bringt erst einzelne Gerüche zum Vorschein, während sie andere verstärkt. Reagentien, die flüchtige Stoffe entbinden, erhöhen den Geruch, solche dagegen, welche das Gegentheil bewirken, vermindern denselben.

1239 Der N. olfactorius empfindet noch Ausströmungen, welche sich weder durch die Wage, noch durch chemische Prüfungsmittel mit Sicherheit nachweisen lassen. Papiere z. B., die durch einen Gran Ambra durchduftet waren, hatten ihren Geruch noch nach 40jähriger Aufbewahrung nicht verloren (Haller)[2]. 100 Gran Ambra, welche einen starken Duft verbreiteten, zeigten in 3½ Tagen keinen irgend merklichen Gewichtsverlust (Boyle)[3]. Versuche der Art, welche ich mit dem Moschus anstellte,

---

[1]) C. Th. Tourtual die Sinne des Menschen in den wechselseitigen Beziehungen ihres psychischen und organischen Lebens. Ein Beitrag zur psychischen Aesthetik. Münster, 1827. 8. S. 96. 97.

[2]) A. v. Haller Elementa physiologiae c. h. Lausannae, 1763. 4. Tom. V. p. 157.

[3]) H. Cloquet Ophresiologie oder Lehre von den Gerüchen, von dem Geruchssinne und

gaben mir ähnliche, obgleich nicht ganz definitiv entscheidende Resultate, weil er etwas hygroskopisch ist und die Veränderungen der Feuchtigkeit der Atmosphäre bei sehr genauen Wägungen anzeigt. Ich tarirte z. B. einen alten Moschusbeutel, der schon Jahre lang trocken in einem Glasgefäße aufbewahrt worden und einen sehr intensiven Geruch verbreitete. Er wog mit dem Uhrglase, auf dem er lag, 10,456 Grm. Nun wurde es im Julius unter einem umgestürzten Glase in einem verschlossenen Schranke hingestellt. Obgleich das Zimmer mehrere Male im Tage gelüftet worden, hatte sich doch ein starker Moschusgeruch nicht nur in ihm, sondern auch in dem anstoßenden Gange verbreitet. Nichts desto weniger zeigte sich nach nicht ganz 11 Tagen oder genauer nach 262 Stunden bei eben so trockener Sommerwitterung, wie zur Zeit der ersten Wägung, daß das Ganze noch etwas mehr als 10,455 Grm. wog, mithin noch nicht ein Milligramm verloren hatte. Dieses giebt im Durchschnitt für die Minute weniger als $\frac{0,001}{262 \times 60} = 0,0000000636$ Grm. oder ungefähr $^1/_{166666}$ Milligramm. Bedenken wir nun, daß eine momentane Berührung des Uhrgläschens, auf welchem der Moschusbeutel lag, hinreichte, um den Geruch einem Menschen für einige Zeit mitzutheilen, so ergiebt sich hieraus, welches Minimum zu diesem Resultate erforderlich ist. Befand sich der Moschus $3^1/_2$ Tage in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, so ließ sich sein Gewichtsverlust durch die Wage noch gar nicht merken. Hierzu kommt noch, daß der Moschusgeruch, wie sich mit Gewißheit annehmen läßt, von keiner eigenthümlichen Substanz, sondern von einem Zersetzungsprocesse organischer Körper, welcher die Erzeugung flüchtiger Verbindungen veranlaßt, herrührt. Wir finden ihn deshalb auch z. B. in der faulenden Galle des Rindes und anderer Thiere. Zu demselben Resultate führt die Thatsache, daß das Reiben von Metallen, z. B. von Kupfer, Zink u. dgl. einen eigenthümlichen Geruch bedingt. Hier können Minima von Stoffen, für welche jede andere Erkenntniß mangelt, durch ein feines Geruchsorgan mit Bestimmtheit wahrgenommen werden. Daher riecht auch oft die Lungen- und Hautausdünstung nach dem Genusse von Substanzen, die flüchtige riechende Körper enthalten, sobald nur geringe Mengen derselben ins Blut übergegangen.

Daß aber dennoch die Gerüche an materielle Verhältnisse gebunden 1240
seien, läßt sich aus anderen Beobachtungen mit Recht entnehmen. Man vermag aus den meisten riechenden Körpern Substanzen darzustellen, welche die Geruchseigenschaften derselben concentrirt wiedergeben und daher als die Träger dieser Eigenthümlichkeiten angesehen werden können. Hierher gehören z. B. viele Pflanzenöle, einzelne Harze u. dgl. Eine Blume behält ihren Geruch, ein faulender organischer Theil seinen Gestank so lange bei, als solche riechende und verflüchtigbare Materien, wenn auch nur in geringen Mengen, in ihm vorhanden sind. Befand sich eine Rosen-

---

den Geruchsorganen und deren Krankheiten. Aus dem Französischen übersetzt. Weimar, 1824. 8. S. 31.

knospe unter einem luftleeren Gasrecipienten vierzehn Tage lang eingeschlossen, so bewahrte sie ihren Duft vollständig. Als sie aber wiederum in die Atmosphäre gebracht worden, wurde sie schon innerhalb zwei Stunden geruchlos (Hughens u. Papin). Veilchen, Reseda verlieren schon oft ihren Duft, wenn man sie nur anhaltend mit den Fingern reibt. Viele Pflanzen riechen nur zu bestimmten Zeiten, welche den Austritt ihrer verflüchtigbaren riechenden Bestandtheile begünstigen. Poröse Körper, wie Papier, Wolle, Baumwolle, Haare, Federn u. dgl., die eine starke mechanische Anziehung mittelst ihrer Capillarräume ausüben, fixiren auch die Gerüche mit besonderer Intensität. Umgekehrt vertreiben wir sie durch Wärme oder chemisch zersetzende Substanzen. Daß alle riechenden Materien einen eigenthümlichen Riechstoff (Spiritus rector) besitzen oder daß die Geruchseindrücke durch bloße Veränderungen der Atmosphäre ohne fremdartige chemische Beimischungssubstanzen bedingt werden, sind Vorstellungen, welche dem heutigen Standpunkte der Chemie und Physiologie nicht mehr entsprechen.

1241 Die Mechanik des Riechprocesses ist uns zu einem großen Theile unbekannt. Damit eine Empfindung zu Stande komme, müssen die riechenden Partikeln vor der Schneider'schen Haut vorbeiströmen. Wird dabei die riechende Atmosphäre in einen hinreichend weiten Trichter concentrirt, so erhält man auch natürlich eine stärkere Wahrnehmung (Leslie)[1]. Bei einer gewissen Länge und Dünne desselben dagegen ergab sich ein entgegengesetzter Erfolg. Wie es scheint, ist es jedoch keineswegs gleichgültig, in welcher Weise diese Strömung vor sich geht. Wurde das linke Nasenloch eines Mannes, dem vor einiger Zeit die ganze rechte Hälfte der äußeren und inneren Nase nebst der Nasenscheidewand durch die Exstirpation eines Aftergewächses ausgeschnitten worden war, zugehalten und ein Fläschchen mit verdünntem kaustischen Salmiakgeist vor die krankhafte Mündung gebracht, so fehlte die Geruchsempfindung, obgleich die Ammoniakdünste auf kürzerem, aber nicht natürlichem Wege zu den noch vorhandenen linken Muscheln gelangten. Die Perception stellte sich aber ein, so wie die Dämpfe durch das noch vorhandene Nasenloch und mithin auf der naturgemäßen Bahn eingezogen wurden (Bidder)[2]. Legte man in eine Spritze ein Stückchen Kampher, so daß die zur Mündung derselben hervorgetriebene Luft deutlich roch, so blieb die Empfindung aus, sobald der Stempel der Spritze vorgeschoben, zu gleicher Zeit aber mit dem Einathmen eingehalten wurde. Man spürte nur das Prickeln, mithin einen sensiblen und keinen sensuellen Eindruck. Schob man aber die Canäle der Spritze weiter in die Nase hinauf, so verringerte sich die Geruchsperception, obgleich auf diese Weise die Ausflußmündung der Dünste den sensuellen Theilen der Nase näher gebracht worden (Bidder)[3]. Verschloß ich ein Fläschchen, welches mit Hoffmann'schen Tropfen gefüllt war,

[1] Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1824. 8. S. 1344. 45.

[2] F. H. Bidder Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens und über den Geruchssinn. Dorpat, 1838. 4. S. 24.

[3] a. a. O. S. 23. 25.

durch einen in eine lange Röhre auslaufenden Trichter und brachte ihn an das eine Nasenloch, während das andere mit einem erweichten Papierstücke fest verstopft war, so empfand ich natürlich den Geruch bei dem Einathmen auf der Stelle. Er verminderte sich aber in vielen Fällen und verschwand sogar bisweilen gänzlich, so wie das Rohr möglichst hoch bis über das Niveau der mittleren Muschel hinaufgeschoben und eine gleich tiefe Inspiration wie früher veranstaltet wurde.

Es scheint mithin die Einrichtung der äußeren Nase den riechenden Luftstrom in einer bestimmten nothwendigen Richtung vor dem sensuellen Theile der Schneider'schen Haut vorbeizuleiten. Hiermit stimmt, daß man auch die Gerüche während der Exspiration schwächer als während der Einathmung wahrnimmt. Ein Stückchen Kampher, welches sich bei geschlossenen Lippen in der Mundhöhle befindet, riecht schwächer, als wenn es vor die Nasenlöcher gehalten wird, obgleich seine Dünste in dem ersteren Falle durch den Ausathmungsstrom die Nasenschleimhaut bestreichen. Noch deutlicher gelingt derselbe Versuch, wenn man eine Quantität Schwefeläther auf einem Löffel im Munde unter ähnlichen Verhältnissen verdampfen läßt. Wenn aber angenommen wurde, daß diese bestimmte Strömungsrichtung gewisse nothwendige Vibrationen, ähnlich denen der Schallwellen errege (Bidder) [1]), so läßt sich eine solche Hypothese für jetzt weder physikalisch erhärten noch überhaupt auf eine speciellere Weise entwickeln. Eben so wenig läßt sich entscheiden, ob die eben erwähnte Erscheinung mit den Verhältnissen der Flimmerbewegung zusammenhängt. Geht der Flimmerstrom in den Muschelbeinen von hinten nach vorn (§. 605), so würde die Strömung der regelrecht eingeathmeten Luft den Wellen derselben entgegengesetzt gerichtet sein, während dieses sonst nicht der Fall ist. Jedenfalls schwächen aber diese Facta die Beweise, welche man in Betreff des Mangels der Riechperception flüssiger Stoffe durch Injection derselben in die Nase liefern wollte (§. 1238).

Das Riechen selbst kann keine unmittelbare Empfindung der dunst- 1242
förmigen Körper, welche wahrgenommen werden, darstellen. Denn zwischen ihnen und den Primitivfasern des Geruchsnerven liegen der Nasenschleim, das Flimmerepithelium und die mit Ernährungsflüssigkeit durchtränkte Faserschicht der Schneider'schen Membran. Stellen wir uns daher die Geruchsempfindung als eine chemische Perception vor, so wäre dieses auf keine andere Weise möglich, als daß sich die riechenden Partikel in dem Schleime auflösen und so in tropfbar flüssigem Zustande zu dem N. olfactorius gelangen. Wollte man dagegen eine gewisse Aehnlichkeit mit den Schallwellen statuiren, so würden auch dann die Fasern des Geruchsnerven durch Vibrationen flüssiger oder fester Körper gleich dem N. acusticus afficirt werden. Diese Verhältnisse machen auch das Riechen im Wasser, sei es, daß die hierzu nöthigen Dünste in ihm aufgelöst oder nur mechanisch vertheilt sind, erklärlicher. Eine gewisse Parallele zwischen dem Athmen in der Luft und im Wasser ist in dieser Hinsicht kaum zu verkennen.

---

[1]) a. a. O. S. 23. 25.

Viele Forscher leiten die Ursache der Abstumpfung oder des Mangels der Geruchsempfindung, welche bei Katarrhen eintritt, von der größeren Trockenheit der Nasenschleimhaut her. Allein einerseits wird diese nie so bedeutend, daß hierdurch die chemische Einwirkung der riechenden Stoffe unmöglich gemacht würde, und anderseits hört auch die Perception auf, wenn gerade die Schleimabsonderung in sehr verstärktem Maaße vor sich geht. Der Grund der Verringerung der Empfindung liegt daher entweder in der Veränderung des Schleimes selbst oder in dem dann Statt findenden Mangel des Flimmerepithelium oder in beiderlei Momenten zugleich.

1243 Weder der elastisch flüssige Cohäsionszustand allein, noch die leichte Verflüchtigung oder andere physikalische Eigenschaften bilden ein sicheres Entscheidungsmittel, ob ein Körper rieche oder nicht. Manche Gase, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdünste u. dgl. haben keinen ausgezeichneten Geruch, während andere Körper, wie Moschus, Ambra u. s. w. nur in Minimis zu verdunsten brauchen, um sogleich eine intensive Geruchsempfindung zu veranlassen. Es müssen daher andere noch unbekannte Eigenthümlichkeiten die Rolle eines adäquaten Reizes für den N. olfactorius übernehmen. Noch merkwürdiger erscheint aber die Veränderung der Geruchsempfindung, welche je nach der Verschiedenheit der Intensität der veranlassenden Ursachen Statt findet. Das Auge sieht zahlreiche Lichtstrahlen qualitativ nicht anders als sparsame. Ein starker Ton wird nicht höher als ein schwacher wahrgenommen. Der Geruch dagegen, welchen z. B. ein dicht vor unsere Nase gehaltener Moschusbeutel veranlaßt, ist selbst qualitativ nicht mehr derselbe, den eine mit wenig Moschus gesättigte Atmosphäre darbietet. Wenn uns zwar im Allgemeinen schwächere Gerüche angenehm, starke betäubend afficiren, wenn also auf diese Art ein ähnlicher Unterschied wie bei einer wohlthuenden oder einer blendenden Beleuchtung hervortritt, so liegt doch häufig das Widerliche des Eindrucks nicht bloß in dem Quantitativen, sondern auch zugleich in der Qualität der Perception.

1244 Die Beurtheilung der Annehmlichkeit oder Widerlichkeit der Gerüche ist ebenfalls sehr relativ. Die meisten Personen finden den Stinkasand sehr widerlich, während ihn Einzelne ausnahmsweise dergestalt lieben, daß sie z. B. ihre Teller damit bestreichen lassen und sich seiner die Alten und die Asiaten geradezu als Würze bedienten. So unangenehm der Moschusgeruch in der Regel gefunden wird, so lieben es wieder Manche, ihre Wäsche mit demselben zu imprägniren. Morgenländische und indische Völker ergötzen sich an Baldrian und gebrauchen denselben mit Behaglichkeit zu ihren Bädern. Auf alle diese Verhältnisse haben übrigens Gewohnheit und Sitte den bedeutendsten Einfluß. Knoblauch, Zwiebeln, Käse u. dgl. afficiren z. B. das Geruchsorgan nicht mehr so unangenehm, wenn sie häufig den Speisen beigemengt sind. Der Wanzengeruch oder der ähnliche von Coriandrum sativum, der den meisten Menschen unleidlich ist, erscheint vielen Individuen indifferent. Die Rhabarber, welche von Manchen sehr gut genommen wird, kann von Anderen nicht gerochen werden, ohne sogleich den heftigsten Widerwillen und selbst Ekel und Erbrechen zu erzeugen. Der Kamtschadale liebt den Geruch von ranzischem Speck, der Tartar den von faulenden Pferden mehr als den der duftenden Blumen.

Selbst Substanzen, welche ein gewöhnliches Geruchsorgan nicht besonders stark afficiren, können bei Einzelnen den heftigsten Widerwillen bedingen. Man kennt Beispiele, wo der Geruch von Aepfeln, Krebsbrühe, einer Rose, der Reseda Folgen der Art nach sich zog [1]).

Noch häufiger erscheinen solche Anomalien bei krankhaften Verstimmungen des Nervensystemes. In hohem Grade hysterische Frauen oder selbst hypochrondrische Männer riechen oft die widerlichsten Dinge, wie angebranntes Horn, brennende Federn, empyreumatisches Oel, Asa foetida u. dgl. mit dem größten Wohlbehagen, während ihnen Gerüche, die anderen Leuten sehr angenehm vorkommen, z. B. die der Rosen, Lilien, üble Eindrücke, Kopfschmerzen u. dgl. verursachen. Wir werden in der Folge sehen, daß ähnliche Verirrungen der Thätigkeiten der Geschmackswerkzeuge nicht selten den eben erwähnten Eigenthümlichkeiten des Geruchsorganes parallel gehen.

Die Schärfe des Geruchs wechselt bei verschiedenen Menschen in 1245
hohem Grade. Wilde können bisweilen durch ihn die Spur ihrer Feinde oder Freunde verfolgen. Die in die Urwälder geflüchteten Neger unterscheiden auf diese Art den Weg, welchen ein Weißer, von dem, den ein Schwarzer betreten hat, und nähern sich daher in solcher Hinsicht den scharfspürenden Thieren. Auch einzelne civilisirte Europäer besitzen ein ausnehmend scharfes Geruchsorgan. Solche Leute erkennen mittelst desselben die Ausdünstung, welche ein Blattern- oder anderartiger Ausschlagskranker darbietet. Einzelne unterscheiden sogar, ob gerade eine in ihrer Nähe befindliche Frau menstruirt oder nicht, Andere, ob sie an weißem Flusse oder anderen Abweichungen der Geschlechtsabsonderungen leidet. Manche Menschen, die sonst scheinbar gesund sind, haben für einzelne Individuen einen besonders anziehenden oder abstoßenden Geruch.

Umgekehrt finden sich nicht selten Personen mit sehr stumpfem Riechsinne, während Andere viele Dinge auf richtige Weise durch ihr Geruchsorgan auffassen, manche dagegen gar nicht empfinden. Reseda z. B. hat bei nicht wenigen Individuen keine besondere Perception zur Folge. Eben so ist in Einzelfällen beobachtet worden, daß manche Menschen nur faulenden Kohl oder Dünger, nicht aber andere Substanzen, oder zwar nicht die Vanille, jedoch vanillenduftende Blumen rochen [2]).

Stellt man mit einer größeren Reihe von Menschen Versuche an, so combiniren sich bisweilen die Resultate dahin, daß eine und dieselbe Blume Einigen gut, Anderen übel und noch Anderen gar nicht riecht. Die Blumen von Iris persica z. B. machten unter 54 Personen auf 41 einen angenehmen, auf 4 einen unbedeutenden, auf 8 gar keinen und auf eine einen widerlichen Eindruck. Unter 30 Menschen fanden 23 Anemone nemorosa wohlriechend, 7 dagegen gar nicht duftend (Turner) [3]). Alle diese Erscheinungen parallelisiren sich, wie man leicht sieht, dem mangelhaften Farbensehen oder der unvollkommenen Auffassung der Höhe und der Tiefe der Töne.

---

[1]) Cloquet a. a. O. S. 76.

[2]) Cloquet a. a. O. S. 75.

[3]) F. Arnold Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Zürich, 1841. 8. S. 561. Bd. II. Abth. II.

1246 Ist die Atmosphäre mit einer hinreichenden Menge riechender Dünste geschwängert, so reicht der gewöhnliche ruhige Einathmungsstrom hin, um eine entsprechende Empfindung hervorzurufen. Der Geruch bietet sich daher von selbst dar. Wir können ihn, wenn er uns angenehm ist, durch tiefe Inspirationen verstärken, im entgegengesetzten Falle dagegen wenigstens für eine Zeitlang dadurch unterdrücken, daß wir uns des Einathmens enthalten oder dasselbe bei verschlossenen Nasenlöchern vollführen. Wollen wir dagegen einen schwachen Geruch genauer wahrnehmen, so genügt keine bloß einfache tiefe Inspiration, sondern wir wiederholen dann bei dem Schnüffeln eine Reihe von Einathmungsstößen rasch hinter einander und verstärken hierdurch unsere Wahrnehmung. Diese Thatsache könnte, wenn man will, zu Gunsten der Parallele der Geruchsempfindung mit der Aufnahme der Tonwellen durch den Hörnerven gedeutet werden.

1247 Wir nehmen nicht selten, wenn wir unsere Geruchsempfindung auf die eben geschilderte Weise verstärken wollen, die Thätigkeit der Muskulatur der Nase und selbst der ihrer Nachbartheile in Anspruch. Es werden nämlich zunächst bloß die Nasenlöcher durch die Dilatatores narium posterior und anterior erweitert. Bei erhöhter Anstrengung dagegen zieht sich die ganze Nase möglichst empor, so daß sich die Haut des Rückens derselben stark runzelt. Hierzu dienen vorzüglich der von dem Stirnmuskel kommende Procerus und der Levator labii superioris alaeque nasi. Die genaue Verbindung des letzteren mit der Oberlippe und vielleicht selbst die unterstützende Thätigkeit anderer Muskeln der letzteren bedingen alsdann die Verzerrung des Mundes, welche bei den intensiven Graden des Aufriechens hervortritt.

1248 Der Ort, an welchem sich riechende Substanzen befinden, kann nur sehr unbestimmt beurtheilt werden. Da unsere Nase nicht nach verschiedenen Seiten hin gewendet zu werden vermag, so sind wir nur im Stande, nach Maßgabe der nothwendigen Drehung des Kopfes zu beurtheilen, woher ein Geruch komme. Als einziges Erkenntnißmittel der Entfernung aber dient nur die Intensität des Geruches, welche natürlich durch die Größe des Abstandes, d. h. durch eine bedeutendere Vertheilung in ein vermehrtes Quantum Atmosphäre geschwächt wird. Daß in beiderlei Beziehungen sehr wesentliche Täuschungen erfolgen können, versteht sich von selbst. Wir halten z. B. eine wohlriechende Rosenpflanzung, einen Düngerhaufen, den wir nicht sehen, für näher gelegen, wenn uns gerade der Wind seine Ausdünstungen direct zuweht.

1249 Es läßt sich mit Recht voraussetzen, daß die Geruchsempfindung gleich den übrigen Sinneswahrnehmungen eine bestimmte Zeitdauer ihres Eindruckes, gewisse Neben- und Ergänzungsperceptionen und ähnliche, anderen sensuellen Auffassungen analoge Eigenschaften haben werde. Allein theils die Natur der Sache selbst, theils die Unbekanntschaft mit der Mechanik des Riechens machen es für jetzt unmöglich, ein bestimmtes näheres Urtheil in dieser Beziehung zu fällen. Ein schwacher Geruch verschwindet, so wie die Einathmung aufhört. Man riecht nichts, wenn auch vorher die duftenden Partikeln durch eine tiefe Inspiration hoch hinauf gezogen wurden und nur durch

den Ausathmungsstrom von empfindenden Schleimhautstellen vorbeistreichen. Athmet man dagegen über eine Flasche mit Aether aus, so daß eine Reflexion der exspirirten Luft Statt findet, so erhält man schon während der Exspiration eine Geruchsempfindung, die mir stärker vorkam, wenn ich nur ein Nasenloch geöffnet hatte. Ein schwacher Geruch verschwindet, wenn die riechende Substanz sogleich entfernt wird, mit dem Aufhören der Einathmung, ein starker dagegen verharrt über diese hinaus. Man kann jedoch nicht diese Erscheinung mit Sicherheit für eine Nachempfindung halten, weil sie oft verhältnißmäßig sehr lange dauert und es unentschieden bleibt, ob nicht noch mit riechenden Dünsten geschwängerte Atmosphäre innerhalb der Nase in Bewegung ist.

Halten wir uns zweierlei mit verschiedener Intensität riechende Sub- 1250
stanzen vor beide Nasenlöcher, so besiegt bald der stärkere Eindruck den schwächeren. Wenn sich z. B. an einer Nasenöffnung Hoffmann'sche Tropfen, an der anderen eine kleine Schachtel mit schwach riechenden Schwefel- oder chemischen Zündhölzchen befindet, so nimmt man häufig nur den Geruch des Schwefeläthers wahr. Sind dagegen beiderlei Gerüche stark, so kann man sie bei besonderer Aufmerksamkeit zusammen oder selbst momentan je nach dem Einflusse des Willens vereinzelt auffassen. Solche Versuche gelangen mir z. B. mit Schwefeläther und peruanischem Balsam. Es existirt also auch hier ein Wettstreit zwischen den beiden seitlichen Sinneswerkzeugen.

Zu starke Eindrücke ermüden und machen für dieselben Gerüche gleich- 1251
gültig oder lähmen selbst das Riechvermögen. Richelieu hatte sich mit Wohlgerüchen dergestalt übersättigt, daß sie ihm zuletzt indifferent oder selbst zum Theil widerlich wurden. Dieselbe Erfahrung kann Jeder bei dem öfteren Besuch eines geschlossenen Zimmers, das viele Lilien enthält, machen. Leidenschaftliche Tabaksschnupfer verlieren nicht selten den Geruch. Hierher gehört auch der oben (§. 1243) erwähnte Einfluß der Gewohnheit. Landleute, welche düngen, Arbeiter, die Kloaken reinigen, Chemiker, Aerzte, Apotheker, Kranke mit stinkenden Geschwüren werden zuletzt gegen üble Gerüche, mit denen sie häufig zu thun haben, weniger empfindlich als es andere Menschen sind.

Obgleich das Geruchsorgan zu keinen höheren künstlerischen Anschauun- 1252
gen wie das Auge und das Ohr Veranlassung giebt, so haben doch seine Eindrücke, wenn sie stärker werden, einen sehr wesentlichen Einfluß auf die höheren Thätigkeiten des Nervensystemes. Intensive Gerüche bedingen leicht Kopfschmerz, Betäubung, Schläfrigkeit u. dgl. und verursachen, wenn sie längere Zeit eingewirkt haben, anhaltende Congestionen nach dem Kopfe und deren nachtheilige Folgen. Daher nicht selten das Schlafen in einem Zimmer, welches stark mit Lilien, Rosen, ätherischen Oelen u. dgl. durchduftet ist, schädlich wirkt. Bei großer Reizempfänglichkeit und vorzüglich bedeutender Nervenverstimmung können schon mäßige eigenthümliche Blumendüfte Ekel, Erbrechen, Krämpfe und andere Nervenaufregungen hervorrufen. Hysterische werden z. B. bisweilen durch die Ausdünstung

von Malva moschata von solchen schädlichen Wirkungen heimgesucht [1]). Endlich stehen die Gerüche nicht selten mit den geschlechtigen Begierden in innigster Verbindung. Viele Thiere erfahren bekanntlich die Nähe des anderen Geschlechtes oder die Anwesenheit der Brunst durch den Geruchssinn. Auf gleiche Weise empfinden einzelne Wollüstlinge ein besonderes Behagen an dem Geruche, welchen menstruirende Mädchen und Frauen verbreiten, an dem der Secretionen der Geschlechtstheile, oder der durch Schweiß durchtränkten Kleider, der wenig pomadirten Haare ihrer Geliebten u. dgl. mehr. Solche Empfindungen regen sie zur stärksten Begierde der Befriedigung des Geschlechtstriebes an.

Wenn z. B. nach dem anhaltenden Einathmen und Riechen von Pulvern des Nießwurzes, der Coloquinten u. dgl. Durchfall oder Erbrechen entsteht, so hat dieses unzweifelhaft in keiner bloßen Folge der Geruchsthätigkeit, sondern darin seinen Grund, daß eine größere Menge feiner Theilchen dieser Substanzen an den Schleimhäuten, an denen der Athmungsstrom vorübergeht, hängen bleibt, hier aufgelöst und endlich resorbirt wird. Die Wirkung ist also die gewöhnliche materielle und nicht etwa, wie man früher glaubte, eine consensuelle, welche durch das Nervensystem vermittelt würde. Auf den gleichen Principien beruht der Eintritt betäubender und selbst tödtlicher Wirkungen nach dem anhaltenden Geruche sehr giftiger flüchtiger Substanzen.

1253 Die Nasenschleimhaut besitzt außer dem Vermögen der Geruchsempfindung zu gleicher Zeit das der Tastempfindung. Wie sie das erstere den in ihr verlaufenden Verzweigungen der N. N. olfactorii verdankt, so rührt die letztere Eigenthümlichkeit von denen der N. N. trigemini her. Beiderlei Perceptionen sind, wie wir in der Nervenphysiologie sehen werden, von einander gänzlich verschieden und getrennt. Es kann die Geruchsempfindung allein verschwinden, während die Tastperception der inneren Nase verbleibt, und umgekehrt. Manche leidenschaftliche Tabaksschnupfer riechen nichts mehr, empfinden aber nichts desto weniger ein Behagen am Tabak, weil er ihnen einen gewissen Kitzel verursacht. Sie beurtheilen daher auch nach diesem Principe die Güte des Productes, welches sie in ihre Nase einziehen. Menschen mit Lähmung des N. trigeminus spüren es nicht und werden auch nicht zum Niesen angeregt, wenn man die Nasenschleimhaut der paralytischen Seitenhälfte mit einem Drahte angreift, unterscheiden aber noch vollkommen den Geruch einer Rose von dem Gestanke der Excremente.

1254 Viele riechende Substanzen, wie z. B. Chlor, Aetzammoniak, Aether u. dgl. afficiren die Geruchsempfindlichkeit und die Tastperception der Nase zu gleicher Zeit. Sie riechen nicht bloß eigenthümlich, sondern erzeugen außerdem ein Gefühl von Brennen, Stechen, Prickeln u. dgl. Es ergiebt sich aber hieraus von selbst, daß sie immer noch afficiren müssen, wenn sogar die N. N. olfactorii oder die N. N. trigemini gelähmt sind. Die Nichtunterscheidung dieser Verhältnisse gab früherhin zu dem Irrthume Veranlassung, daß nicht bloß der Geruchsnerv, sondern auch der dreigetheilte Nerv die wahren Riechperceptionen bedinge.

1255 Halten wir den Grundsatz fest, daß nur diejenigen Theile, welche mit Zweigen des N. olfactorius versehen werden, Geruchsempfindung vermit-

---

[1]) Cloquet a. a. O. S. 56.

teln, so kann diese nicht durch den untersten Theil der Schleimhaut der Nase oder die der Keilbeinshöhle, der Stirn- oder der Kieferhöhlen zu Stande kommen. Man suchte zwar die sensuelle Unempfindlichkeit der letzteren Gebilde noch dadurch zu erhärten, daß Einspritzungen riechender Flüssigkeiten durch krankhafte Oeffnungen der Sinus frontalis oder maxillaris (Deschamps, Richerand, Bidder)[1]) keine Riechwahrnehmungen bedingen. Allein diese Versuche unterliegen denselben Einwänden, welche die Injectionen von Fluidis in die Nase gestatten (§.§. 1238 u. 1241). Ob übrigens der aus den genannten Nebenhöhlen abfließende Schleim, so wie die durch den Nasencanal herabkommenden Thränen durch ihre Vermischung mit dem Nasenschleime die Geruchsempfindung unterstützen oder, was wahrscheinlicher sein dürfte, in dieser Hinsicht einflußlos sind, ist unbekannt.

Subjective Geruchsempfindungen. — Mechanische Erschütte- 1256
rungen des N. olfactorius rufen entsprechende sensuelle, rein subjective Empfindungen hervor. Eine solche, die nicht immer ganz angenehm ist, stellt sich z. B. bei mir, der ich sehr fein rieche, nach heftigem Niesen ein und dauert oft einige Zeit fort. Drücke ich meine Nasenlöcher zusammen und lasse hierauf die Nasenflügel losschnellen, so habe ich eine subjective Geruchsempfindung, die nicht immer die gleiche bleibt und mir oft sehr angenehm erscheint. Diese Beobachtung wird mir selbst dann, wenn ich den Schnupfen habe, möglich.

Auch vom Blute aus können, wie es scheint, subjective Gerüche wahrgenommen werden. Hatte man einem Hunde eine riechende Flüssigkeit in die Venen eingespritzt, so öffnete er die Nüstern, hob den Kopf und lief umher, als wollte er die Stelle, von welcher der Geruch herkäme, auswittern (Dupuytren)[2]). Es fragt sich jedoch, ob nicht die riechende Substanz, welche nicht weiter genannt ist, durch die Athmungswerkzeuge oder die Haut abdunstete und so Geruchsempfindung erzeugte.

Schwankender erscheinen die Einwirkungen des Galvanismus. Während manche Menschen bei der Application der Elektroden an die riechenden Theile der Nasenschleimhaut gar keine Perception auffinden konnten[3]), glaubten Andere sogar nach Verschiedenheit der Pole verschiedene positive Resultate erhalten zu haben (Ritter).

Die häufigsten Veranlassungen zu intensiveren subjectiven Geruchsthätigkeiten bilden vorangegangene starke objective Eindrücke und Krankheiten der nervösen Theile. Sehr heftige, vorzüglich widrige Gerüche bleiben bisweilen Wochen lang in der Nase und kehren oft scheinbar durch lebhafte Vorstellungen des Unangenehmen wieder. Es tritt mithin hier durch die Kraft der Phantasie eine Art von Geruchsgedächtniß hervor. Laien, welche die Anatomie besuchen, machen manches Mal Erfahrungen der Art. Ein Mann, welcher sich in der Nähe eines Kranken mit übel

---

1) a. a. O. S. 26.
2) Cloquet a. a. O. S. 237.
3) R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. S. 355.

riechender Ausdünstung befunden hatte, konnte die widerliche Empfindung 20 Tage lang nicht los werden[1]). Nervenkranke, Typhöse u. dgl. glauben bisweilen einen Geruch wahrzunehmen, wenn auch keine objektive Veranlassung dazu vorhanden ist. Wie wir in der Nervenphysiologie sehen werden, werden häufig Personen mit Entartung der Geruchsnerven, mit Geschwülsten, welche auf dieselben drücken, oder organischen Abweichungen in den entsprechenden Gehirntheilen, wenn nicht ihre Riechempfindung vollständig gelähmt ist, von fortwährenden unangenehmen Gerüchen geplagt.

Schmecken.

1257 Während uns das Geruchsorgan über die der eingeathmeten Atmosphäre beigemischten Stoffe durch eine eigenthümliche Sinnesempfindung belehrt, leisten die Geschmackswerkzeuge für tropfbar-flüssige Substanzen, welche die Wandungen der Mund-Rachenhöhle berühren, ähnliche Dienste. Jenes steht daher mit dem Athmen in analoger Beziehung, wie diese mit der Verdauung. Haben aber die sensiblen Eindrücke, welche die Nasenschleimhaut treffen können, zu mancherlei Verwechselungen mit wahren Gerüchen Veranlassung gegeben, so kehrt dieselbe Klippe bei dem Geschmacksapparate in noch höherem Maaße wieder. Jede genauere Betrachtung der Vorgänge des Schmeckens setzt voraus, daß solche Verwechselungen von wesentlich verschiedenen Eindrücken, von sensuellen und sensiblen Empfindungen, so sehr als möglich vermieden werden, weil sonst eine gewisse Unklarheit der Ansichten die nothwendige Folge eines solchen Mangels schärferer Unterscheidungen darstellt.

1258 Objectiver Geschmack. — Wie wir später sehen werden, gehören die vorderen Theile der Zunge zu den empfindlichsten Tastwerkzeugen unseres Körpers. Der Grund dieser Erscheinung liegt in dem Reichthume an sensiblen Fasern, die von dem N. trigeminus stammen, der Menge von Tastwärzchen, welche auf ihrer Oberfläche zerstreut sind, der Befeuchtung und dem in Verhältniß zur Epidermis zarten Epithelialüberzuge. Alle diese Momente combiniren sich dergestalt, daß die Zunge vorn im höchsten Grade fein fühlt, ohne daß jedoch Schmerzensempfindungen auf eine in gleichem Verhältniß leichte Art hervorgerufen werden. Ihr Schleimüberzug, so wie ihr immer noch mehrfach geschichtetes Epithelium bedingen wahrscheinlich die Elimination dieses möglichen Nachtheiles.

1259 Halten wir aber fest, daß die schmeckbaren Stoffe zunächst mit dem sensibelsten Tastorgane in Berührung kommen, so müssen wir zunächst diese Empfindungen von den eigentlich sensuellen Geschmackswahrnehmungen sondern. Die sogenannten kühlenden, brennenden, scharfen, zusammenziehenden, ätzenden und ähnliche Geschmacksarten bilden fast reine Tastperceptionen, oder werden wenigstens zu einem sehr großen Theile nach

[1]) Cloquet a. a. O. S. 235.

Eindrücken der Art bestimmt. Umgekehrt gehören dafür das Süße und Bittere, welches keine weitere Nebenempfindung erzeugt, zu den bloßen sensuellen Auffassungen der Geschmacksapparate. Sauer und gesalzen endlich bilden Mittelstufen, welche eben so gut durch das Tast- wie das Geschmacksvermögen wahrgenommen werden können, d. h. Körper, die wir auf die eine oder die andere Weise empfinden, erregen in uns eigenthümliche sensuelle oder sensible Vorstellungen, die wir leicht mit einander verwechseln oder selbst idenficiren.

Ein Kieselstein, ein unauflösliches Metall, welches in unsere Mundhöhle gebracht wird, hat, wie wir sagen, einen kühlenden Geschmack. Allein diese Ausdrucksweise rührt nur davon her, daß wir alle Wahrnehmungen unserer Zunge als Geschmackseindrücke aufzufassen gewohnt sind. Denn bei genauerer Betrachtung ergiebt sich, daß wir hier nur die Kälte eben so gut wie durch unsere äußere Haut wahrnehmen. Aehnliche Anwendungen erleiden die brennenden, ätzenden, zusammenziehenden Empfindungen, vorzüglich wenn wir nicht die für das Tastvermögen der Zunge so günstigen Verhältnisse aus den Augen lassen. Selbst die salzigen und sauren Geschmacksarten gehören, obgleich sie schon gemischter Natur sind, in dieselbe Kategorie. Spüle ich mir z. B. den Mund sorgfältig aus und lege auf die vordere Hälfte des Rückens der vorgestreckten Zunge ein Stückchen Kochsalz, so habe ich entweder gar keine oder höchstens eine schwach kühlende oder brennende Empfindung, die schon leicht als ein besonderer Geschmack betrachtet werden kann. Bringe ich dagegen ein zweites Fragment desselben auf die Zungenwurzel, so erscheint erst die wahre specifische Geschmacksperception. Aehnliche Beobachtungen gelingen mit Weinessig und noch besser mit Schwefeläther. Der letztere ruft, wenn er sich in dem vorderen Theile der Mundhöhle befindet, seiner leichten Verdunstung wegen das Gefühl von Kälte und eines schwächeren oder stärkeren Brennens hervor, während hinten noch außerdem die besondere Geschmacksempfindung der Flüssigkeit hinzutritt. So wie man dagegen bei allen solchen Beobachtungen die Zunge zurückzieht, geben sich die sensuellen Empfindungen auf der Stelle zu erkennen, weil hier sogleich eine Berührung mit den specifischen Geschmacksstellen sehr leicht zu Stande kommt.

Diese Verhältnisse und die minder scharfe Unterscheidung von sensuellen Geschmacks- und sensiblen Tasteindrücken führten frühere Forscher zu der Ansicht, daß verschiedene Substanzen, je nachdem sie mit der einen oder der anderen Art von Zungenwärzchen in Contact kommen, auf abweichende Weise schmecken. Um die Resultate, welche durch hierher gehörende Versuche erhalten worden, verstehen zu können, müssen wir uns zunächst erinnern, daß die Papillae vallatae fast ausschließlich der Zungenwurzel bis zur Gegend des Foramen coecum linguae zukommen, während die Papillae fungiformes und filiformes nicht bloß in der hinteren Parthie der Zunge vereinzelt, sondern an der mittleren und vorderen Abtheilung des Zungenrückens ausschließlich vorhanden sind. Nun werden wir in der Folge sehen, daß die Zungenwurzel und viele Stellen der Wandungen des Racheneinganges neben sensiblen Tast- vor Allem die specifischen sensuellen Geschmacksempfindungen vermitteln. Berücksichtigen wir aber dieses, so erklären sich viele Beobachtungen, welche in der genannten Beziehung von Wilh. Horn [1]) und F.

[1]) W. Horn Ueber den Geschmackssinn des Menschen, ein Beitrag zur Physiologie desselben. Heidelberg, 1825. 8. S. 85—90.

Picht[1]) angestellt worden, von selbst. Denn bei ihnen[2]) gehen in der Regel die Zungenwurzel und der weiche Gaumen parallel und geben die specifischen Geschmacksarten mit größter Intensität und Deutlichkeit an, während die Angaben für die Papillae fungiformes und filiformes unbestimmter und schwankender lauten. Was das Letztere betrifft, so kann dieses theils davon herrühren, daß Minima der geschmeckten Substanzen vorzüglich bei den Papillae fungiformes auf sensuelle Zungentheile gelangten, theils auch dadurch bedingt werden, daß wir eben nicht definitiv bestimmbare sensible Eindrücke mit bekannten Geschmacksempfindungen zu parallelisiren suchen. Als Belege hierfür mögen z. B. folgende Beispiele gelten:

Substanz.	Geschmack derselben auf der Papillae vallatae.	fungiformes.	filiformes.	dem weichen Gaumen.	Beobachter.
Schwefelsäure	Sehr bitter und anhaltend	Salzigsauer	Stark sauer	—	Horn und Picht.
Salpetersaueres Ammoniak	Bitter	—	Mechanisch stechend	Bitterlich sauer	Horn.
Desgl.	Bitter	—	—	—	Picht.
Salpetersaueres Quecksilberoxydul	Bitterlich	Alkalisch	Säuerlich	Bitterlich sauer	Horn und Picht.
Essigsäure	Bittersalzig	Säuerlich	Sauer	Bitterlich sauer	Desgl.
Extractum Chinae	Bitter	Säuerlich	Sauer	—	Desgl.
Extractum Hyoscyami	Bitter	Süß	Süß	—	Desgl.
Ochsengalle	Bittersüß	Bitterlichsüß	Süßlich	Bittersüß	Desgl.

Wenn hierbei in der Regel die specifische Geschmacksempfindung am weichen Gaumen etwas schwächer wahrgenommen wurde, so kann dieses in dem stärkeren Schleimüberzuge, vorzüglich aber darin seinen Grund haben, daß die genannten Forscher die einzelnen Stellen desselben, von denen einige Geschmacksempfindung besitzen, andere derselben ermangeln, ohne Unterschied gebrauchten. Die einzigen Substanzen, welche auf allen Warzen ohne Unterschied in gleicher Weise geschmeckt wurden, waren sehr süße, wie Zucker und Süßholz oder manche nicht deutlich sensuell bestimmbare Körper, wie z. B. Campeschholz, Rothholz, oder leicht verdunstende und sich verbreitende Verbindungen, wie Salzäther, Kampher u. dgl. Wir werden die Ursachen der allgemeinen Schmeckbarkeit der reinen Süßigkeiten in der Folge kennen lernen.

1260 Aus den eben erwähnten Verhältnissen ergiebt sich von selbst, daß wir, um die einzelnen wahren Geschmacksstellen kennen zu lernen, nur solche Verbindungen wählen müssen, welche eine möglichst rein sensuelle Empfindung des Süßen oder Bittern veranlassen, die Tastperceptionen dagegen wenig oder gar nicht in Anregung setzen oder sie wenigstens vor den specifischen Geschmackswahrnehmungen in den Hintergrund

[1]) F. Picht De gustus et olfactus nexu, praesertim argumentis pathologicis et experimentis illustrato. Berolini, 1829. 8. p. 32. 33.

[2]) d. h. denen von Horn; denn von Picht wurden die Verhältnisse des weichen Gaumens nicht untersucht.

treten lassen. Hierzu eignen sich z. B. Auflösungen von Zucker, Süßholz, Alaun, Chinin, eine filtrirte Abkochung von Coloquinten u. dgl. Man läßt dann den Mund eines Menschen so weit öffnen, daß man alle Theile der Mund-Rachenhöhle überschauen kann und trägt einen Tropfen der Solution mittelst eines Pinsels auf eine bestimmte Stelle auf. Das Individuum muß dann sogleich durch ein Zeichen mit der Hand angeben, ob es den Geschmack des Süßen oder Bittern wahrnimmt, oder nicht. Nur hierdurch wird es möglich, daß man bei gehöriger Vorsicht jede mechanische Verbreitung der schmeckbaren Substanz vermeidet. Eine Person allein kann nie Versuche der Art an sich selbst vor dem Spiegel mit hinreichender Sicherheit anstellen.

Mannichfache Untersuchungen, welche ich mit den genannten süßen und bitteren Substanzen zu verschiedenen Zeiten an ungefähr 30 Studirenden, Theile, Gerber und mir, so wie einer Frau anstellte, führten zu dem Resultate, daß die Basis der Zunge bis zur Gegend einer durch das blinde Loch derselben gezogenen Horizontallinie, der hintere Gaumenbogen, die Verlängerungen beider Gaumenbögen bis zu dem Kehldeckel hinab, die Mandeln und der oberste Theil des Schlundes, welcher der Zungenwurzel gegenüberliegt, bei allen geprüften Personen Geschmacksempfindung darbot, während diese immer in der Haut des harten Gaumens, dem Zahnfleische, der inneren Fläche der Wangen und den Lippen mangelte. Schwankend dagegen gestalteten sich die Resultate an der vorderen Hälfte des Rückens und der freien unteren Fläche der Zunge, dem weichen Gaumen und dem vordern Gaumenbogen. Während nämlich die vordere Parthie des Zungenrückens bei den meisten Menschen nicht schmeckt, der untere freie Theil der Zunge dagegen entweder überall oder wenigstens an einzelnen Stellen deutliche Geschmacksempfindungen vermittelt, fand sich bei einem Individuum gerade das entgegengesetzte Verhältniß. Unter 8 Personen hatten 2 vollkommene, 4 undeutliche und 2 gar keine Geschmacksperception an der Vorderfläche des weichen Gaumens und des Zäpfchens. Die vorderen Gaumenbogen und die Hinterfläche der Uvula schmeckten bei 2 Menschen ganz gut, bei 1 minder deutlich und bei 3 endlich sehr schwach bis gar nicht. Wenn dem weichen Gaumen an seiner Vorderseite sensuelle Kräfte zukommen, so dehnt sich dieses Vermögen in Einzelfällen etwas über die hinterste Parthie der angrenzenden Stelle der Membran des harten Gaumens aus. Sind die Tonsillen früherhin durch Eiterung bedeutend zerstört worden, so geht auch ihre sensuelle Thätigkeit größtentheils bis gänzlich verloren. Diese Ergebnisse erklären uns aber, weshalb der Geschmack bei vollständigem oder theilweisem Mangel der Zunge fortdauerte [1]).

Vergleichen wir die eben genannten sensuellen Stellen der Mund- 1261
Rachenhöhle mit den übrigen sensiblen, so finden wir auch hier wieder einen hohen Grad von Zweckmäßigkeit der Einrichtung. Die Natur beschützt zwar nicht das Individuum auf absolute Weise vor schädlichen Ein-

[1]) Fälle der Art finden sich bei Horn a. a. O. S. 12—17 zusammengestellt.

wirkungen. Viele sehr giftige Substanzen schmecken indifferent oder nicht sehr widerlich, manche sogar, wie Kirschlorbeerwasser, sehr angenehm. Allein sie versetzt den Menschen in die Möglichkeit und gewissermaßen die Nothwendigkeit, die Speisen, welche er genießt, sicher und vollkommen zu schmecken. Der Vordertheil der Zunge, welcher die Alimente betastet und den Zähnen übergiebt, hat nur einen untergeordneten Grad von Geschmack- und dafür den höchsten der Tastempfindung. Die mechanische Sonderung herrscht hier vor der qualitativen vor. Nur Substanzen, die von vorn herein flüssig sind oder sich augenblicklich zum Theil im Speichel und Mundschleime lösen, geben hier schon einen Eindruck. Für festere Körper, welche die letztere Eigenschaft nicht besitzen, konnte an dieser Stelle ein feiner Geschmackssinn noch nichts nützen. Selbst der Umstand, daß bei den meisten Menschen die untere freie Fläche der Zunge schmeckt, der Rücken dagegen in seiner Vorderhälfte diese Eigenschaft nicht besitzt, hat seine bestimmte Berechnung. Denn jener entsprechen die Mündungen der Ausführungsgänge der Unterkiefer und der Unterzungendrüsen, so daß hier immer Flüssigkeiten augenblicklich zur Hand sind, wenn sich nicht schon solche in hinreichendem Maaße im Grunde der Mundhöhle angesammelt haben. Der Zungenrücken dagegen functionirt eher als mechanisches Werkzeug, um die halbfesten Theile gegen den harten Gaumen zu drücken oder unter die Zähne schieben zu helfen.

Ist aber der Bissen durch die Zähne gekaut und hierbei mit Speichel und Mundschleim durchtränkt worden, so daß diese Fluida schmeckbare Substanzen desselben aufgenommen haben, so gelangt er nicht nur auf den hinteren Theil der Zunge, sondern wird durch den Isthmus faucium durchgepreßt. Die Natur hat daher in dieser Gegend die geschmackempfindenden Stellen vertheilt, um auf solche Art die sensuelle Perception für jeden Fall zu sichern. Erinnern wir uns, daß die hinteren Gaumenbogen bei dem Schlingen nach innen vortreten und die Mandeln bloßgelegt werden, während die vorderen Gaumenbogen nach außen zurückzuweichen suchen (§. 173), so können wir es als keine bloße Zufälligkeit ansehen, daß diese letzteren nur bei einzelnen Menschen, die beiden ersteren Gebilde dagegen immer mit Geschmacksempfindung versehen sind. Aus den gleichen Verhältnissen erklärt sich, weshalb noch die sensuellen Eigenschaften den Verlängerungen der Zungenwurzel und der Gaumenbogen nach dem Kehldeckel hinab und selbst dem obersten Theile der Hinterwand des Pharynx verliehen sind. Die Natur läßt also die Nahrungsmittel zuerst vorn schwach schmecken und sehr genau betasten und dann in der Mundhöhle vorbereiten, um sie nicht nur der Zungenwurzel zuzuführen, sondern auch durch den engen schmeckenden Ring des Isthmus faucium durchzupressen.

1262 Wie wir in der Nervenphysiologie sehen werden, vertheilen sich die verschiedenen Thätigkeiten dergestalt, daß die N. N. glossopharyngei die sensuellen Energieen des Geschmackes vermitteln, während die N. N. trigemini die Tastempfindlichkeit und die N. N. hypoglossi die Bewegungen der Zunge hervorrufen. Seinen Functionen entsprechend verbreitet sich daher auch der Zungenschlundkopfnerv in der Schleimhaut der Hinter- und

Seitenwand des obersten Theiles des Schlundkopfes (der unmittelbaren Nachbarschaft der Rachenmündungen der Eustachischen Trompeten), den Gaumenbögen und deren Ausläufern, sowohl gegen die Zungenwurzel als den Kehldeckel hin, an der Oberfläche der Mandeln, der drüsenreichen Haut zwischen diesen, den Gaumenbögen und der Zungenwurzel, so wie endlich in der letzteren selbst und sendet einen feinen Endzweig, der zugleich mit dem R. lingualis N. trigemini den Plexus gustatorio sensorius bilden hilft, an die Unterfläche der Zunge bis zur Spitze derselben hin [1]). Die Zungenwurzel, welche verhältnißmäßig die meisten Zweige vom N. glossopharyngeus enthält, die zahlreichsten umwallten Warzen besitzt und keinen übermäßigen Schleimüberzug hat, schmeckt daher auch am feinsten. Umgekehrt giebt der Lingualast des dreigetheilten Nerven als der empfindende Nerv der Zunge einen verhältnißmäßig sehr großen Theil seiner Primitivfasern an die Schleimhaut des mittleren und vorderen Theiles und der Spitze derselben ab.

Gleich wie die elastisch-flüssigen Substanzen die Nase vorzugsweise 1263
afficiren, so paßt der tropfbar-flüssige Cohäsionszustand vor Allem für die Wahrnehmung des Geschmacks. Unlösliche Körper, wie Kieselsteine, Quarz u. dgl. schmecken nicht. Sie erregen höchstens das Gefühl der Kälte oder der Schwere, mithin bloße sensible, aber keine sensuellen Empfindungen. Läßt man eine Quantität Schwefeläther, der in einem Kaffeelöffel enthalten ist, bei geschlossenem Munde verdampfen, so spürt man im Anfange eine gewisse Kälte, dann ein schwaches Brennen und erst nach langer Zeit, wenn wahrscheinlich ein Theil des Aetherdunstes von den Mundflüssigkeiten aufgenommen worden, einen wahren Geschmack, der jedoch bedeutend schwächer ist, als wenn man nur ein paar Tropfen Liquor anodynus in Substanz genommen hat [2]). Um aber solche tropfbaren Flüssigkeiten zu schmecken, bedarf es der bloßen Berührung mit sensuellen Stellen der Mundrachenhöhle. Die Richtung, in welcher sie zuströmen, die Art, wie der Contact zu Stande kommt, ist hierbei völlig gleichgültig. Ist dagegen die Zunge trocken, mit einem starken Ueberzuge versehen oder mit einer abnormen Schleimdecke bekleidet, so geht auch das Geschmacksvermögen, wie wir bei Katarrhen, gastrischen, typhösen und anderen Leiden finden, zu einem großen Theile bis fast gänzlich verloren.

Nicht alle in Wasser oder anderen Flüssigkeiten löslichen Körper erre- 1264
gen auch zugleich Geschmackswahrnehmungen. Es müssen daher noch gewisse andere bis jetzt unbekannte Eigenschaften hierzu wie zu den riechenden Dünsten gehören, um sensuell einzuwirken. So hat z. B. nicht bloß der sehr schwer lösliche Gips fast keinen Geschmack, sondern der Mangel sensueller Wahrnehmbarkeit kommt sogar dem Brechweinstein, der sich leicht auflöst und so bedeutend auf die Verdauungswerkzeuge einwirkt, zu. Die meisten riechenden Substanzen afficiren zwar auch das Geschmacksorgan.

---

1) S. Th. Soemmering Hirn- und Nervenlehre. Umgearbeitet von G. Valentin. Leipzig, 1841. 8. S. 475—79.

2) Vgl. auch C. Th. Tourtual die Sinne des Menschen. Münster, 1827. 8. S. 97.

Allein selbst diese Verbindung ist keine absolut nothwendige. Denn manche duftenden Harze schmecken fast gar nicht eigenthümlich, während gerade viele sehr bittere Stoffe, wie z. B. Chinin, jedes bedeutenden Geruches entbehren.

1265 Dieselbe Verschiedenheit der individuellen Beurtheilung, welche wir schon bei dem Geruchsorgane angetroffen haben, kehrt auch bei den Geschmackswerkzeugen wieder. Einzelne Personen lieben das Saure, andere nicht. Manche begehren nichts sehnlicher als Fett, während es Vielen widerlich schmeckt u. dgl. mehr. Der Geruch einer genießbaren Speise übt in der Regel auf die Beurtheilung der Geschmacksempfindung einen wesentlichen Einfluß aus. Uebelschmeckende Speisen, welche mit Minimis wohlriechender Substanzen durchduftet sind, werden nicht selten ohne Beschwerde verzehrt. Umgekehrt sind uns viele gährende oder faulende Körper durch ihre widerliche Ausdünstung verleidet. Allein auch hier überwinden die Noth, Sitte oder Gewohnheit die scheinbar ursprüngliche Norm, so daß z. B. Wildpret à haut gout, faulender Käse u. dgl. geliebt werden. Hat eine Speise einen unangenehmen Geschmack oder Geruch, so eliminiren wir auch diesen Nachtheil, wenn wir ihr scharfe, die Zunge und den Gaumen heftig reizende Substanzen zusetzen. Hierher gehören dann Ingredienzien, wie Senf, Pfeffer und die verschiedenartigen Gewürze. Endlich kann auch noch die geistige Vorstellung die Auffassung eines Geschmackes wesentlich modificiren. Vielen Leuten kommen Schneckensuppen, Krebse, einzelne Fische, Froschschenkel u. dgl. nur deshalb widerlich vor, weil ihnen bei dem Genusse solcher Dinge abstoßende Eigenschaften der Thiere, von welchen sie herrühren, sogleich vorschweben.

1266 Das Geschmacksorgan zeichnet sich noch dadurch aus, daß es einen gewissen Grad von Reizung und vorzüglich einen bestimmten Wechsel nöthig hat. Rein mehligte oder schleimigte Sachen erscheinen uns fad, weil sie unsere sensuelle und sensible Thätigkeit sehr wenig in Anspruch nehmen. Umgekehrt werden uns sehr scharfe Dinge für den Augenblick angenehm, während sie uns für die Dauer oder in zu großen Dosen belästigen, weil sie dann unsere Tastempfindung zu wahrem Schmerze steigern. Läßt man einen Harnruhrkranken nichts als derbes Rindfleisch, Beefsteak, Wildpret u. dgl. verzehren, so erhält er bald, wenn er auch die Speise im Anfange mit der größten Begierde genommen hat, den heftigsten Widerwillen dagegen. Nicht selten ereignet sich der Fall, daß sich Leute durch den anhaltenden übermäßigen Genuß von Thee, Kaffee u. dgl. übersättigen und später nicht mehr solche Abkochungen trinken oder selbst riechen können, ohne Uebelkeiten zu empfinden. Der angenehme Geschmack des Zuckers wird uns bei zu langer Dauer widerlich und ekelhaft, der des Syrups geradezu brechenerregend u. dgl. mehr. In solchen Fällen halten die sensiblen Nerven länger als die sensuellen aus. Säufer verschmähen bald feinschmeckende Weine und suchen nur den Alkoholgehalt der Getränke, welcher die Tastenempfindlichkeit ihrer Geschmacksorgane reizt und die allgemeine Nervenaufregung ihres Körpers befördert.

1267 Die Intensität, mit welcher ein Körper geschmeckt wird, richtet sich

theils nach seiner Natur, theils nach den Nebenverhältnissen und der Fähigkeit des auffassenden Individuums. Körper, wie z. B. aromatische Oele, brauchen auch nur in Minimo vorhanden zu sein, um einen sensuellen Eindruck hervorzurufen. Kommt eine Substanz der Art nur vorübergehend mit den Geschmackswerkzeugen in Berührung, so empfindet man sie weniger genau und stark, als wenn der Contact länger dauert. Am meisten aber wird die Wahrnehmung durch Reibung gegen die sensuellen Parthieen der Mund-Rachenhöhle erhöht. Zu diesem Zwecke liegen offenbar die Zungenwurzel und die schmeckenden Parthien des Isthmus faucium einander gegenüber, damit die Auffassung durch die hier oft Statt findende Friction verstärkt werde. Wir benutzen daher auch solche Mittel bei dem feinen Aufschmecken, welches sich gewissermaßen mit dem Schnüffeln vergleichen läßt, und eliminiren, so weit es angeht, jede Reibung, wenn wir eine uns unangenehme Substanz zu verschlucken genöthigt sind.

Das Geschmacksorgan ist derselben hohen Vervollkommnung wie das 1268
Geruchsorgan fähig. Wie einzelne Menschen Minima gebrannten Kaffees oder gerauchten Tabaks zu erkennen und nach den Sorten der enthaltenen Ingredienzien zu unterscheiden im Stande sind, so zeigen auch Wein- und Theeschmecker rücksichtlich der Distinction bei dem Kosten eine fast ans Unglaubliche grenzende Verfeinerung ihres Auffassungsvermögens. Oft leiten hierbei zugleich andere Sinneswahrnehmungen, vorzüglich die des Gesichtes und des Geruches. Der größte Gastronom verliert viel von seiner Virtuosität, wenn man ihm die Augen verbindet und die Nase zuhält.

Da die Geschmacksempfindung darauf beruht, daß sich die gekosteten 1269
Gegenstände mit den Mundflüssigkeiten vermischen oder in ihnen auflösen, so muß natürlich die Perception so lange währen, als jene imprägnirten Flüssigkeiten an den sensuellen Stellen verweilen. Sie werden aber, um diesen Vortheil möglichst zu erhöhen, durch die Zähigkeit des Schleimes und die Unebenheiten der Theile länger zurückgehalten. Eine gewisse Zeitdauer des Geschmackseindruckes ist auf diese Weise durch die materielle Einrichtung der betreffenden Apparate selbst gegeben. Wir behalten daher den süßen, bitteren, widerlichen Geschmack so lange im Munde, als die wahrnehmbaren Substanzen die Schmeckwerkzeuge afficiren. Dasselbe gilt auch von den sauren, brennenden, stechenden Empfindungen, welche mehr die sensiblen Nerven zu ihrer Thätigkeit anregen. Haben wir z. B. eine angenehme Speise gegessen, so hüten wir uns sogleich zu trinken, um nicht die schmeckbaren Fluida nach anderen nicht sensuellen Punkten unseres Körpers überzuführen. Gutschmecker ziehen deshalb den Durst dem Verluste der angenehmen Empfindung vor.

Bei gehöriger Größe der Einwirkung der Gegenstände oder der Auf- 1270
merksamkeit des Menschen können zweierlei Geschmacksarten, z. B. die des Sauern und Bittern zugleich wahrgenommen werden Es läßt sich auch in dieser Beziehung sogar ein gewisser Wettstreit beider Zungenhälften oder selbst verschiedener Stellen des schmeckenden Organes nachweisen. Die heftigere Empfindung unterdrückt auch hier, wie bei anderen Sinneswerk-

zeugen die minder intensive. Haben wir z. B. eine schwach bitterliche Substanz genossen, so nehmen wir ein Stückchen Zucker in geringerem Grade, einen Tropfen Essig dagegen sehr deutlich wahr. Allein auch diese Perception tritt, wenn der Gegenstand sehr bitter war, in hohem Maaße in den Hintergrund. Endlich zeigt sich sogar eine Art von Complementärgeschmack, dessen Ursachen jedoch vorläufig noch dahin gestellt bleiben müssen. Wenn man nämlich z. B. gerbestoffhaltige Pflanzen genießt, so verschwindet bisweilen der zusammenziehende Geschmack, um einem schwach süßen Platz zu machen. Auf aromatische Dinge, wie Calmus, Baldrian, folgt häufig eine schwach säuerliche Empfindung; viele Weine, Liqueure und ähnliche Dinge bieten einen eigenthümlichen Nachgeschmack dar. Es wäre möglich, daß dieses auf einer Art von Ergänzungsthätigkeit der sensuellen Nerven beruht. Allein wahrscheinlicher noch ist die Annahme, daß die zugleich aufgelösten fremden Stoffe, die nur in Minimalquantitäten vorhanden sind, zuerst durch die heftigere Sinnesempfindung unterdrückt und erst nach dem Aufhören derselben zur Anschauung gebracht würden oder sich selbst in manchen Fällen, wo feste Substanzen genossen werden, schwerer und später lösten.

1271 Die höheren Beziehungen, welche noch die Geruchswerkzeuge zu den geistigen Thätigkeiten und den Erscheinungen der Geschlechtsliebe darboten, fehlen den Geschmackswerkzeugen. Der Gastronom ist ein rein egoistisches Subject, dessen Begierden mit den Verhältnissen keines anderen Wesens in Beziehung stehen. Der Geschmack als das niederste der eigenthümlichen sensuellen Werkzeuge berührt nur die Verdauung und Ernährung des Einzelnen und kann höchstens auf diese Weise indirect durch Uebermaaß genossener Speisen jede höhere geistige Regung, jede Lebendigkeit der Begierden und der körperlichen Thätigkeiten unterdrücken. Der Geruch oder die bloße Erinnerung angenehmer Nahrungsmittel kann Zusammenlaufen des Speichels im Munde und freudige lüsterne Gefühle, der widerlicher Ekel, Erbrechen, Durchfall u. dgl. veranlassen.

1272 Geschmack und Geruch stehen natürlich schon wegen der gegenseitigen Nähe und offenen Verbindung ihrer Apparate in einer sehr innigen Beziehung zu einander. Sehr flüchtige Substanzen, wie z. B. Aether, aromatische Tincturen, concentrirte Blausäure, werden zugleich geschmeckt, wenn man sie nur mittelst einer sehr starken Einathmung riecht. Spritzt man eine Auflösung von Kochsalz, Glaubersalz, Wermuthertract u. dgl. in die Nasenhöhle, so daß Theilchen derselben längs der Hinterfläche des harten Gaumens zu den sensuellen Parthieen des Isthmus faucium herablaufen, so stellt sich eine Geschmacksempfindung ein, obgleich sie bisweilen, wahrscheinlich wegen der Minimalquantitäten und der Menge des überziehenden Schleimes, etwas anders als im Munde ausfällt [1]). Personen mit krankhafter Schleimabsonderung an den Choanen oder dem weichen Gaumen empfinden häufig einen intensiv üblen Geschmack, wenn gerade ein Tropfen des Sekretes herabgesunken ist.

---

[1]) Tourtual a. a. O. S. 95. Bidder a. a. O. S. 27.

Nicht selten bestimmt die Geruchsempfindung unser Urtheil in höherem 1273
Grade als die Geschmacksperception. Wir meiden viele Substanzen, wie z. B. Rhabarber, fast nur ihres üblen Geruches wegen und nehmen Medicamente der Art viel leichter, wenn wir uns die Nase zuhalten oder selbst durch Schließung der Augen jede störende Erinnerung zu vermeiden suchen. Riecht eine Substanz sehr intensiv und schmeckt weniger, so scheint die schwächere Wahrnehmung etwas später einzutreten.

Wie sich von selbst versteht, sind nichts desto weniger beiderlei Sinneswerkzeuge streng von einander geschieden. Individuen, welche das Geruchsvermögen verloren haben, können nicht nur deutliche, sondern sogar sehr feine Geschmacksempfindungen besitzen [1].

Subjective Geschmacksempfindungen. — Es läßt sich der 1274
Analogie nach mit Recht annehmen, daß subjective Geschmacksperceptionen durch die bloße Energie der entsprechenden Nerven zu Stande kommen. Hierher sind vielleicht viele Fälle zu rechnen, in welchen bei Krankheiten des Nervensystemes anhaltende eigenthümliche Geschmackswahrnehmungen auftreten. Allein jedes positive Urtheil wird dadurch erschwert oder selbst unmöglich gemacht, daß eben so leicht die Mundflüssigkeiten selbst schmeckbare Substanzen aufnehmen und auf diese Art subjectiv-objective Empfindungen veranlassen können.

Drücke ich den unteren Theil der Zunge mit beiden Fingern so stark zusammen, daß eine nicht unbedeutende Schmerzensempfindung entsteht, so zeigt sich bald ein schwach alkalischer und nach dem Aufhören des Druckes ein stärkerer, scheinbar complimentärer saurer Geschmack. Streicht ein feiner kalter und vorzüglich trockner Luftstrom längs der Zunge nach dem Isthmus faucium hin, so entsteht bei Menschen mit feinen Geschmackswerkzeugen eine entsprechende sensible Empfindung der Kühlung, welche leicht mit dem Geschmacke des Salpeters oder eines ähnlichen Salzes verglichen wird.

Die Empfindungen, welche die Einleitung der Elektroden einer galvanischen Säule in die Mundhöhle veranlaßt, sind unzweifelhaft objective. Denn da eine chemische Zersetzung der Mundflüssigkeiten die unmittelbare Folge des Versuches bildet, so hängt es nur von der Empfänglichkeit der Apparate ab, welche Minimalveränderungen der Art geschmeckt werden. Es läßt sich daher nicht entscheiden, was für Reactionen der bloßen Einwirkung des galvanischen Stromes auf die Nerven folgen.

Dasselbe gilt von vielen krankhaften Geschmacksperceptionen. Ein Magenkranker, ein Gelbsüchtiger, ein Mensch, der sich heftig geärgert hat, wird von einem starken bittern Geschmacke gequält. Allein sein Speichel schmeckt auch, wenn sein Leiden bedeutender ist, jedem Andern bitter. Eben so müssen schmeckbare Stoffe der Ernährungsflüssigkeit von dem Geschmacksorgane wahrgenommen werden. Hunde, welchen Milch ins Blut eingespritzt worden, lecken als wenn sich eine solche Flüssigkeit in ihrem Munde befände (Dupuytren [2]), Magendie). Die Erfahrung, daß Brustkranke

[1]) Picht a. a. O. p. 26—29.
[2]) Cloquet a. a. O. S. 237.

oder selbst solche, welche Neigung dazu haben, bei heftigem Husten, ohne daß sie Blut spucken, einen süßen Geschmack im Munde wahrnehmen, gehört wahrscheinlich auch in die Kategorie solcher subjectiv-objectiven Wahrnehmungen.

Tastsinn.

1275 Objectives Tasten. — Die mannichfachen Thätigkeiten des Tastsinnes setzen keineswegs die Existenz besonderer sensueller Nerven voraus, sondern jede schmerzensempfindende oder sensible Primitivfaser kann auch, wenn nicht andere später zu betrachtende Verhältnisse hindernd eingreifen, Tastperceptionen vermitteln. Der Unterschied zwischen ihnen und dem wahren Schmerze wird nur durch den Grad der Einwirkung des reizenden Gegenstandes und die Schutztheile des wirkenden Nerven bestimmt. Was die letzteren betrifft, so müssen die Primitivfasern nicht bloß durch die sie umgebende weiche und nachgiebige Substanz, sondern überdies durch eine Reihe von Hornschichten, wie wir sie an der Epidermis und den Epithelien haben, bedeckt sein, wenn nicht jeder Eindruck schmerzhaft werden und diese Affection alle zartere Empfindung unterdrücken soll. Aus diesem Grunde bilden freie Hautoberflächen die fast ausschließlichen Werkzeuge der Tastorgane. Werden die Hornschichten, wie wir dieses an der Nagelfläche am deutlichsten sehen, zu dick, so heben sie durch ihren Widerstand die feineren Eindrücke auf. Erst solche, welche schmerzen, bewirken dann eine entsprechende Empfindung, die durch den Druck der harten Theile selbst noch wesentlich gesteigert wird.

1276 Die Belehrungen, welche wir durch den Tastsinn erhalten können, sind sehr mannichfaltig und, wie es auf den ersten Blick scheint, qualitativ bei weitem verschiedener als die Eindrücke anderer Sinnesapparate. Wir haben nämlich hier zweierlei Arten von Wirkungen: 1) solche, die an allen tastenden Oberflächen wiederkehren oder allgemeine, und 2) solche, die nur an bestimmten Hautstellen erscheinen oder locale. Zu der ersteren Klasse gehören die Bestimmungen des mechanischen Widerstandes, der Temperatur und des chemischen Umsatzes, zu den letzteren die Perception der scheinbaren Geschmacksempfindungen, des Stumpfseins, des Hungers, des Durstes, des Kitzels und der Wollust.

1277 Der mechanische Widerstand kommt dadurch zur Auffassung, daß die die sensibeln Nerven beschützenden Theile unmittelbar und daher die empfindenden Primitivfasern selbst mittelbar in einer bestimmten einseitigen Richtung gedrückt werden. Wir urtheilen auf diese Weise über die Cohäsion und die Oberflächenbeschaffenheit der Körper. Da aber die meisten Hautstellen, wenigstens diejenigen, welche mit einem irgend feineren Gefühlssinn begabt sind, frei bewegliche Theile überziehen, so ist uns auf diese Art das Mittel in die Hand gegeben, einen zu befühlenden Gegenstand mit unseren Tastwerkzeugen zu durchlaufen und so nach Maaßgabe der Größe der hierzu nothwendigen Muskelthätigkeit den Abstand zweier

oder mehrerer Punkte oder die Ausdehnung eines befühlten Objectes zu schätzen. Dasselbe Resultat kann auch dadurch erlangt werden, daß mehrere Stellen des Gegenstandes verschiedene abstehende Theile unserer Haut berühren und auf diese Weise ein Maaß der Abstände gegeben wird, oder daß man einen Körper an einer einzelnen sensibeln Hautstelle hinführt und nun aus der Zeit des successiven und des gesammten Contactes ein Bestimmungsurtheil zu gewinnen sucht. Das Tastvermögen wird also durch alle diese Verhältnisse mit den Eigenschaften eines räumlichen Größensinnes versehen.

Ruht ein Körper auf unserer Haut, so wird natürlich der Druck, 1278
welchen derselbe in Verhältniß zur Flächenausdehnung seiner Basis ausübt, mit seinem Gewichte zu- oder abnehmen. Dazu kommt noch, daß zugleich nicht der Grad der Muskelzusammenziehung, welcher dann für das Contrebalancement der Last nothwendig ist, dem Bewußtsein entgehen kann. Beide Momente zusammen geben uns Mittel an die Hand, um die absolute Schwere einer auf einer Stelle unseres Körpers ruhenden Masse zu schätzen oder die Gewichte zweier Substanzen, welche sich in ähnlichen Verhältnissen befinden, vergleichend zu bestimmen. Die Tastempfindung kann daher auch bis zu einem gewissen Grade als Gewichtssinn dienen.

Während aber die eben geschilderten mechanischen Einwirkungen die 1279
Theilchen nur in einer einseitigen Richtung zu verschieben suchen, üben die Veränderungen der Temperatur einen allseitigeren Einfluß aus. Jedes Molecul sucht sich, wenn höhere Wärmegrade auf dasselbe einwirken, nach allen Directionen hin auszudehnen, durch die Kälte dagegen in entgegengesetzter Weise zusammenzuziehen. Sowohl die Richtung der Wirkung als selbst die Veränderungen der Molecularbeschaffenheit greifen hier tiefer als bei den Effecten des mechanischen Widerstandes durch. Nach dieser Hypothese erklärt sich wenigstens die Möglichkeit, wie dieselben sensiblen Fasern, welche die mechanischen Tastverhältnisse wiedergeben, die Abweichungen der Temperatur durch andere verschiedenartige Empfindungen anzuzeigen im Stande sind. Beiderlei Perceptionen aber bilden nur differente Arten einer Gattung. Hierdurch fällt sogar der Unterschied von den analogen Reactionen der sensuellen Nerven zum großen Theile hinweg. Denn auch hier existiren rücksichtlich der Erscheinungen des farblosen oder farbigen Lichtes, der Beschaffenheit und Höhe der Töne u. s. f. untergeordnete Abweichungen, welche zum Theil durch die Eigenthümlichkeit der wirkenden Ursachen bestimmt werden.

Eine andere Affection der sensiblen Nerven entsteht durch chemische 1280
Eingriffe. Erinnern wir uns, daß der Nerveninhalt eine sehr leicht zersetzbare Substanz ist und schon durch den bloßen Einfluß kalten Wassers gerinnt, so muß er die leisesten Veränderungen seiner Masse, welche durch äußere oder innere Eingriffe zu Stande kommen, sehr genau beantworten. Wir haben auch schon bei der Betrachtung der Geschmacksorgane gesehen, wie die Zunge mit ihren zahlreichen, verhältnißmäßig leicht zugänglichen Tastnerven viele Substanzen auf eigenthümliche Weise empfindet, so daß hierdurch leicht Verwechselungen mit wahren Geschmacksperceptionen ent-

stehen. Genießen wir z. B. saure oder adstringirende Früchte und zerdrücken sie zwischen der Zungenspitze und dem harten Gaumen, so empfinden wir an der Schleimhaut des letzteren das Zusammenziehende, wenn es besonders längere Zeit eingewirkt hat, sehr deutlich. Die geringste Menge nicht bloß flüssiger, sondern auch sogar dunstförmiger Schwefel-, Salz-, Essigsäure u. dgl., welche in die Mundhöhle gelangt, macht die Zähne stumpf, indem diese Substanzen wahrscheinlicher Weise den Schmelz und die ächte Zahnsubstanz, so wie das Zahnsäckchen durchdringen und auf solche Art die zahlreichen Nervenfasern des letzteren, wenn auch nur mit ihren Minimalmengen afficiren.

Bedeutendere chemische Einwirkungen erzeugen eben so heftige Molecularveränderungen, wie stärkere Temperatureingriffe. Es entstehen in beiden Fällen Empfindungen, die wir im Allgemeinen weniger genau unterscheiden und mit dem gemeinschaftlichen Namen des Brennens bezeichnen, während wir umgekehrt andere mehr einseitige Einwirkungen, wie z. B. die eines durchsetzenden elektrischen Stromes mit dem Ausdrucke des Stechens belegen. Dasselbe gilt dann auch von stärkeren mechanischen Eingriffen, wie z. B. der Durchschneidung von sensiblen Nerven. Wenn bedeutende Nervenstämme bei einer größeren Operation, z. B. einer Amputation, durchschnitten werden, so haben die Kranken ihren Angaben nach ähnliche Empfindungen, als ob die entsprechenden Theile von glühenden Kohlen verbrannt würden. Die Specialunterschiede schwinden daher bei einer gewissen Größe der Einwirkung und der durch sie bedingten Reaction.

1281 Während sich aber die Verschiedenheiten der bisher erwähnten Empfindungen allgemeinerer Art wenigstens größtentheils auf ein gewisses Grundprincip zurückführen lassen, ist dieses bei den Localeffecten einzelner sensibler Nerven nicht der Fall. Schon die feinen Nuancen der chemischen Tastwahrnehmungen der Zunge, des Gaumens, der Zähne u. dgl. bleiben ihren ursächlichen Momenten nach unerklärbar. Wir können höchstens als generellen Grund dieser genaueren Unterscheidungen den freieren Zugang zu den Nerven der Mundhöhle betrachten. Allein noch dunkler erscheinen die Verhältnisse der übrigen örtlichen Tastwahrnehmungen. Wir wissen noch gar nicht, welche Nerven das Durstgefühl im Schlunde vermitteln. Mag dieses aber durch die N. N. glossopharyngei oder die N. N. vagi oder selbst die N. N. sympathici geschehen, so liegt nicht die Ursache dieser speciellen Empfindung, wie sich fast mit Gewißheit annehmen läßt, in den genannten peripherischen Nerven selbst, sondern in den ihnen entsprechenden Theilen des centralen Nervensystemes. Daß dasselbe auch für die N. N. vagi, insofern sie den Hunger bedingen, und die Wollustnerven der Geschlechtstheile seine Gültigkeit habe, werden wir in der Nervenphysiologie durch directe Versuche kennen lernen. Hier müssen also eigenthümliche noch unbekannte Organisationsverhältnisse im Gehirn, welche den Durst, den Hunger und die Sättigung nach den adäquaten Reizen veranlassen und die Wollust nach entsprechenden Reibungsirritamenten bedingen, hinzukommen.

Aehnliche Nebenmomente der entsprechenden nervösen Gebilde vermit- 1282
teln auch wahrscheinlicher Weise, wie wir später genauer kennen lernen, die Unempfindlichkeit der meisten inneren Häute gegen mäßige Gefühlsreize. Während nämlich das Tastvermögen keinem Punkte der äußeren Haut mangelt, zeigt es sich an den inneren Membranen unseres Körpers nur dann, wenn sie noch der Außenfläche desselben nahe liegen, sonst dagegen nicht. Wir fühlen nicht die Speisen, welche an der Oberfläche der Schleimhaut des Magens und der Gedärme dahingehen oder die Galle, die durch unseren Gallengang, den Urin, der durch unseren Harnleiter, den Samen, welcher durch unser Vas deferens herabläuft. Allein selbst die anderen inneren Häute, deren Tasteindrücke zu unserem Bewußtsein gelangen, zeigen uns je nach ihrer Localität verschiedene Wirkungen, welche auf eine den übrigen Verhältnissen entsprechende Weise genau berechnet sind. Jeder Körper, der die zarte Bindehaut berührt, erregt Schmerz und heftige Bewegungsreaction. Durch solche Mittel wird dann das verschließbare Auge, dessen Anschauungen durch aufgeflogenen Staub und ähnliche fremde Körper gestört würden, geschützt. Der äußere Gehörgang dagegen, welcher offen daliegt, entbehrt auch einer solchen Feinheit der Empfindung und einer ihr entsprechenden Stärke der Gegenwirkung. Unsere Zunge tastet mit der größten Schärfe. Der Contact gewöhnlicher Substanzen mit anderen Theilen der Mund-Rachenschleimhaut ruft noch reine, wenn auch stumpfere Tastempfindungen hervor, während er meistentheils in der Nase durch Niesen, in der Harnröhre geradezu durch Schmerz beantwortet wird.

Die gleiche Berechnung kehrt an den inneren Häuten wieder. Wie wir z. B. den Schleim unserer Nase nicht riechen, unseren normalen Speichel nicht schmecken, so erodirt unser Urin nicht die Innenfläche unseres Harnleiters, obgleich hier keine weiteren schützenden Materien, wie Schleim, Smegma u. dgl. angebracht sind. Viele alkoholische Getränke, manche scharfe Speisen, die Umsetzungsprodukte der Galle, die Excremente, der Urin ätzen unsere äußere Haut, sobald sie mit ihr für längere Zeit in Berührung kommen, bringen dagegen an den inneren Behältern, in welchen sie verweilen müssen, weder chemische Zerstörungen, noch daraus resultirende schmerzhafte Gefühle hervor. Die Nervenvertheilung der verschiedenartigen Gebilde unseres Körpers und deren positive oder negative Leitungen zum Bewußtsein harmoniren daher auf das Pünktlichste mit den übrigen Verhältnissen unserer Organisation.

Je reicher eine Parthie an sensiblen Nerven ist und je zugänglicher 1283
diese den einwirkenden Reizen erscheinen, um so leichter steigert sich auch die bloße Tastperception zu wahrer Schmerzensempfindung. Wir sehen dies z. B., wenn wir die Bindehaut des Auges mit der Urethra vergleichen. Ein Stäubchen, welches die letztere noch nicht afficirt, bedingt an jener die heftigsten Reactionen. Unter diesen Verhältnissen aber kann nicht bloß die Menge von Nervenprimitivfasern, welche sich zu irgend einem Organe begeben, über die Tastthätigkeit derselben allein entscheiden, sondern es müssen auch in dieser Beziehung die Schutzapparate eine wesentliche Rolle

spielen. Alle sensiblen Fasern sind nicht nur in der von Ernährungsflüssigkeit durchtränkten und daher nachgiebigen faserigen Grundsubstanz ihrer Häute eingehüllt, sondern besitzen noch eine Hülle von Epithelialzellen, die, wie wir wissen, mit zunehmender Ausbildung immer mehr verhornen. Die Hornsubstanz aber widersteht nicht minder gut mechanischen als chemischen und überdies noch, wenn sie trocken ist, elektrischen Eingriffen. Die Oberhaut und die mannichfachen Epithelien stellen daher verschiedenartige Verbesserungs- und Abhaltungsvorrichtungen dar. Sie dämpfen die äußere Einwirkung bis zu einem gewissen Grade und bilden deshalb eine Art von Vorbereitungswerkzeugen für den Tastsinn. Diesem entsprechend sind auch immer die am meisten verhornten Schichten nach außen, die jüngeren mehr eiweißartigen nach innen und den sensiblen Nervenenden näher angebracht.

1284 Schon an der äußeren Haut stumpft sich das Gefühl mit Zunahme der Zahl der Lagen und der Vergrößerung des Verhornungsprocesses der Epidermidalzellen ab. Die feinfühlenden Finger haben eine weit zartere Oberhaut als der Fußballen, welcher so oft den Druck der Körperlast gegen den Fußboden auszuhalten hat. Wenn ein Mensch seine Hand durch rohe Handarbeit schwielig gemacht hat, so geht hierdurch auch ein großer Theil der Feinheit seines Tastvermögens verloren. Die stärkere Entwickelung der Hornsubstanz vereitelt die ungetheilte Fortpflanzung des mechanischen Widerstandes, der bei den genannten Beschäftigungen in höherem Maaße auftritt und sonst Schmerzen erzeugen würde. Umgekehrt tastet ein Frauenzimmer, welches sich nur mit Nähen beschäftigt und ihre Haut gehörig pflegt, feiner, könnte aber z. B. nicht einen Stift mit den Fingern in eine irgend harte Substanz ohne bedeutende Schmerzen eindrücken (§. 41). Diesen Verhältnissen entsprechend hat auch nicht überall die Epidermis eine der Stärke der Lederhaut entsprechende Dicke [1]). Wenn die oberflächlichen Oberhautschichten oder alle Lagen der Epidermis aus irgend einem Grunde entfernt sind, so wird dadurch das gewöhnliche Tasten schmerzhaft.

1285 Die gegenseitige Verbindung der Elemente der Epidermis scheint für die Localisation der Empfindungen von Bedeutung zu sein. Wir wissen, daß die jüngeren Oberhautzellen inniger an einander haften und daher leichter die Form von Häuten darstellen, während sich die älteren mehr von einander trennen und endlich in fast mikroskopischen Anhäufungen oder selbst vereinzelt losstoßen. Es wird deshalb auch die Epidermis nach manchen Hautkrankheiten in mehr zusammenhängenden Fragmenten entfernt (§. 517). Wir können uns unter diesen Verhältnissen hypothetisch vorstellen, daß z. B. der Druck, welchen eine auf die Haut aufgesetzte Nadelspitze bedingt, wegen der lockeren Verbindungen und theilweisen Unterbrechungen der einzelnen oberflächlichsten Epidermidalzellen nur unvollkommen in peripherischer Richtung fortgepflanzt wird, seine Kraft aber,

---

[1]) Vgl. Krause in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. Braunschweig, 1844. S. 117.

wenn er zu den continuirlich vereinigten Epidermidallagen gelangt, schon zu sehr gebrochen ist, um eine größere störende Kreisausdehnung zu gewinnen. Auf solche Weise kann dann der Punkt seiner Berührung specieller bestimmt werden.

Die Epithelien sind im Allgemeinen weniger verhornt als die Epi- 1286
dermis. Sie schützen daher in geringerem Maaße und bedingen, wenn sie an Theilen mit bewußten Empfindungen angebracht sind, entweder feinere Tast- oder leichtere und intensivere Schmerzensperceptionen. Diese ihre Wirkungen werden aber wiederum meistentheils durch die Zahl ihrer Zellenlagen und die Stärke ihres Verhornungsprocesses bestimmt. Deshalb besitzt die Bindehaut einen so feinen Epithelial-, die Schleimmembran des äußeren Gehörganges dagegen einen starken Epidermidalüberzug. Die Zunge hat aus demselben Grunde eine starke Schichtung von Pflasterepithelien, welche in der Mitte und der vorderen Abtheilung ihres Rückens bedeutender als an der Wurzel und an dieser abermals stärker als an ihrer Grundfläche ist. Daß auch eine Schleimdecke wenigstens zum Theil als Schutzapparat dienen könne, versteht sich von selbst.

Eine ebene Oberfläche muß sich weniger für die Auffassung der feine- 1287
ren Widerstandsverhältnisse der äußeren Körper als eine hügelige eignen. Die letztere kann mechanische Einwirkungen leichter und vielseitiger auffassen und chemische Substanzen sicherer auf sich zurückhalten. Aus dieser Ursache bilden auch die meisten Schleimhäute mikroskopische Hügelchen und viele von ihnen überdies noch Falten und ähnliche Ungleichheiten ihrer Ausbreitung, die sich schon mit dem freien Auge wahrnehmen lassen. Wo dagegen das Tastvermögen ausgebildeter wird, treten eigenthümliche zu diesem Zwecke besonders organisirte Erhöhungen, die sogenannten Tastwärzchen, hervor. Obwohl auch in den zwischen ihnen befindlichen Vertiefungen Nervenschlingen verlaufen, so empfangen sie doch einen sehr großen Theil der Nervenprimitivfasern und der Capillaren, welche sich in dem fühlenden Apparate verbreiten Schon die Nasenschleimhaut hat zahlreiche Hügelchen an ihrer Oberfläche; an dem Geschmacksorgane und besonders an der Zunge treten die zu bestimmten Zwecken so verschieden gestalteten Papillae vallatae, fungiformes und filiformes hervor. In gleicher Weise haben auch feine fühlende Theile der Haut, wie z. B. die Hand- und Fußfläche, die Finger- und die Zehenspitzen zahlreiche nach regulären Linien gestellte und mit dazwischen liegenden Furchen versehene Erhabenheiten, welche gleichsam als entgegenkommende Widerstandsapparate betrachtet werden können.

Das einfachste Urtheil, welches wir durch den Tastsinn gewinnen, 1288
betrifft die Cohäsion der Körper. Da diese, je fester sie sind, dem Drucke unserer Hand einen um so größeren Gegendruck entgegenstellen, so schätzen wir dann nach Maßgabe dieser Einwirkung die Härte, die dichte oder flüssige Beschaffenheit der Substanz, mit welcher wir in Conflict kommen. Hierbei liegt jedoch der Zustand unserer eigenen Haut der Bestimmung zum Grunde, so daß dieses Moment nicht unbedeutende Irrungen veranlassen kann. Haben wir z. B. die Epidermis unseres Fingers,

den wir lange Zeit in Wasser hielten, intensiver durchfeuchtet, so wird die Empfindung des Widerstandes größer und leicht schmerzhaft. Eine sehr kalte Flüssigkeit kommt uns bisweilen härter als eine warme vor u. dgl. mehr.

1289 Die Unebenheiten der Oberfläche lassen sich durch die verschiedenartigen Tasteindrücke, welche auf benachbarten Hautstellen oder auf einer und derselben bei dem successiven Dahingleiten längs der Ausdehnung des befühlten Körpers zu Stande kommen, bestimmen. Eine delicatere Haut wird daher auch eine Masse rauher finden und feinere Nuancen der Art zu bestimmen im Stande sein, als eine solche, welche mit einem schwieligen Oberhautüberzuge bekleidet ist. Derselbe Unterschied kehrt zwischen Hautstellen, welche feiner tasten, und solchen, die ein dumpferes Gefühlsvermögen besitzen, wieder.

1290 Ein Hauptbestimmungsmittel der sensuellen Empfindlichkeit einer Hautstelle bildet die Unterscheidung zweier nahe gelegener Punkte von einander. Besitzt sie nämlich ein genaueres Tastvermögen, so wird sie auch zwei Stellen, die weniger von einander abstehen, discret wahrnehmen, in dem entgegengesetzten Falle dagegen als einen einfachen Eindruck auffassen. Wir haben mithin hier dasselbe Verhalten, wie bei der Größe des Gesichtswinkels bei dem Sehen und der Unterscheidung der Zahl der Schwingungen bei dem Auffassen der Höhe und Tiefe der Töne. Um genauere Beobachtungen der Art anzustellen, dient am zweckmäßigsten eine von E. H. Weber[1]) zuerst angegebene Methode. Man bewaffnet die beiden Spitzen eines Cirkels, um Schmerzenseindrücke und die dadurch bedingten Störungen zu vermeiden, mit Korkstückchen und sucht nun mit verbundenen oder selbst offenen Augen zu ermitteln, bei welcher Minimaldistanz ein einfacher Eindruck zu Stande kommt oder nicht. Hierbei findet sich zunächst, daß nicht bloß die verschiedenen Hautstellen mehr oder minder beständige Abweichungsverhältnisse darbieten, sondern daß auch die Richtung einen wesentlichen Einfluß ausübt. Wenn nämlich die beiden gedeckten Spitzen in longitudinaler Direction oder, richtiger gesagt, auf eine der Längenachse des Körpers oder eines Gliedes entsprechende Weise oder dem Hauptverlaufe der größeren und mittleren Nervenstämme correspondirend angebracht sind, so ist das Gefühl bisweilen minder scharf, als wenn die beide Punkte verbindende Linie transversal verläuft. Oft dagegen fällt auch dieser Unterschied hinweg, so daß es ganz gleichgültig ist, wie die Spitzen stehen. Eben so differiren bisweilen in dieser Beziehung die rechte und linke Seitenhälfte des Körpers eines und desselben Menschen, so daß sich bloße Mittelbestimmungen angeben lassen, sobald man allgemeinere übersichtliche Werthe zu liefern beabsichtigt.

Verkleinert man die Entfernung, in welcher zwei Punkte als solche unterschieden werden, so erhält man nicht plötzlich einen Eindruck einfach-

---

[1]) Siehe dessen für den Tastsinn überhaupt so lehrreiche Abhandlung De subtilitate tactus diversa in diversis partibus sensui huic dicatis in dessen Schrift: De pulsu, resorptione, audita et tactu. Annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae, 1834. 4. p. 44—175.

ster Art, sondern hat im Anfange noch ein gewisses dunkles Gefühl des Abstandes. Es kommt uns vor, als wenn unsere Haut von einem einzigen größeren ovalen oder elliptischen Körper afficirt würde.

Wie man leicht sieht, bildet die Minimaldistanz, in welcher zwei ver- 1291
schiedene Orte gesondert aufgefaßt werden, ein relatives Maaß der Tastempfindlichkeit, sofern diese nicht durch außerordentliche oder krankhafte Nebenbedingungen verändert worden. Vergleicht man dieselben Hautstellen bei verschiedenen Personen unter einander, so wird man finden, daß die geringsten nothwendigen Abstände oft um das Vierfache und selbst noch mehr an einzelnen, besonders nicht sehr feinfühlenden Parthieen variiren. Individuen mit zarter Haut haben in dieser Hinsicht in der Regel vor solchen mit grober den Vorzug. Dagegen bleiben die relativen Verhältnisse der einzelnen Hautparthieen zu einander beständiger oder unterscheiden sich nur durch untergeordnete Abweichungen, so daß z. B. die Zungenspitze in allen bisher geprüften Fällen ungefähr 50 bis 60 Mal so fein als die Mitte der Haut des Rückens tastet und die genannten Theile die beiderseitigen Extreme der Feinheit des Gefühlsvermögens darstellen.

Haben mehrere zuverlässige Personen an den wichtigeren Stellen ihres 1292
Körpers ermittelt, bei welchem Minimum der Entfernung die beiden mit Kork gedeckten Cirkelspitzen gesondert wahrgenommen werden, so läßt sich aus den Mittelwerthen eine Skale der relativen Empfindlichkeitsgrößen der mannichfachen tastenden Theile entwerfen. Man legt ihr am einfachsten diejenige Zahl, welche der Zungenspitze als dem in dieser Beziehung empfindlichsten Organe zukommt, als Einheit zum Grunde.

E. H. Weber hatte zuerst eine Tabelle der Art geliefert [1]). Später wurden die Untersuchungen von Theile, Gerber, Neuhaus, Bühlmann und mir wiederholt. Abstrahiren wir nun von den untergeordneten Differenzen, welche die quere oder die Längenstellung, so wie die rechte und die linke Seite bedingen [2]), so ergiebt sich aus den an den genannten sechs sachkundigen Männern angestellten Beobachtungen die nachfolgende Uebersicht, bei welcher nur die Werthe der Volarflächen der ersten Fingerphalangen, des Schamberges, des männlichen Gliedes, der Vorhaut, der Brustwarze und der Achselgrube auf den neueren zuletzt erwähnten Prüfungen allein fußen.

---

1) a. a. O. p. 58. 59.

2) Diese Eigenthümlichkeiten sind bei Weber a. a. O. p. 50—57, sowie De functionibus nervorum p. 118. 119 specieller erläutert.

Theile.	In pariser Linien ausgedrückte Größe der kleinsten Entfernung, in welcher zwei Punkte durch das Tastgefühl gesondert wahrgenommen werden.			Nach dem Mittelwerthe bestimmte relative Größe der Tastempfindlichkeit, die der Zungenspitze (= 0''',4833...) = 1 gesetzt. Coefficient der	
	Maximum	Minimum.	Mittel.	Schärfe.	Stumpfheit.
Zungenspitze.	0,50	0,40	0,4833...	1,000	1,000
Volarfläche des letzten Phalanx des Zeigefingers.	1,00	0,50	0,603	0,802	1,248
Desgl. des Mittelfingers.	1,00	0,37	0,706	0,685	1,461
Desgl. des Ringfingers.	1,00	0,60	0,723	0,669	1,496
Desgl. des Daumens.	1,00	0,50	0,725	0,667	1,500
Desgl. des kleinen Fingers.	1,00	0,50	0,733	0,659	1,517
Rothe Oberfläche der Unterlippe.	2,00	0,50	1,500	0,322	3,130
Desgl. der Oberlippe.	2,00	0,50	1,520	0,318	3,145
Volarflächen der zweiten Phalangen der Finger.	2,00	1,25	1,558	0,310	3,223
Desgl. der ersten Phalangen der Finger.	1,75	1,50	1,650	0,293	3,414
Mitte des Zungenrückens.	4,00	1,50	1,916	0,252	3,964
Rückenflächen der letzten Fingerphalangen.	3,00	1,75	2,125	0,227	4,397
Nicht rother Theil der Lippen.	4,00	1,50	2,208	0,219	4,568
Nasenspitze.	3,00	0,50	2,250	0,215	4,655
Zungenrand, 1'' weit von der Spitze entfernt.	4,00	1,50	2,478	0,195	5,127
Seitentheil des Zungenrückens.	4,00	1,50	2,500	0,193	5,172
Volarflächen der Metacarpusknochen.	3,00	1,75	2,625	0,184	5,431
Endtheil der großen Zehe.	5,00	3,00	3,250	0,149	6,724
Metacarpustheil des Daumens.	4,50	2,00	3,333	0,145	6,896
Außenfläche der Augenlider.	5,00	2,50	3,833	0,126	7,930
Volarfläche der Hand.	5,00	3,00	3,833	0,126	7,930
Dorsalfläche des zweiten Phalanx des Daumens.	5,50	2,75	3,893	0,124	8,054
Desgl. des Zeigefingers.	5,50	2,75	3,893	0,124	8,054
Desgl. des Mittelfingers.	5,50	2,75	3,900	0,1239	8,069
Desgl. des kleinen Fingers.	5,50	2,50	3,943	0,1225	8,158
Desgl. des Ringfingers.	5,50	2,75	3,971	0,1217	8,216
Haut in der Mitte des harten Gaumens.	6,00	2,00	4,042	0,120	8,363
Lippenschleimhaut in der Nähe des Zahnfleisches.	9,00	2,00	4,125	0,172	8,535

Theile.	In pariser Linien ausgedrückte Größe der kleinsten Entfernung, in welcher zwei Punkte durch das Tastgefühl gesondert wahrgenommen werden.			Nach dem Mittelwerthe bestimmte relative Größe der Tastempfindlichkeit, die der Zungenspitze (= 0''',4833...) = 1 gesetzt. Coefficient der	
	Maximum	Minimum	Mittel.	Schärfe.	Stumpfheit.
Wangenhaut über dem Buccinator.	5,00	3,25	4,541	0,106	9,395
Haut an dem Vordertheile des Jochbeines.	7,00	3,00	4,620	0,105	9,559
Rückenflächen der ersten Fingerphalangen.	7,00	4,00	4,917	0,098	10,173
Vorhaut.	6,00	4,00	5,100	0,095	10,552
Rückenfläche der Haut an den Köpfchen der Metacarpusknochen.	8,00	3,25	5,250	0,092	10,862
Haut an dem hinteren Theile des Jochbeines.	10,00	3,00	5,286	0,091	10,936
Plantarfläche der Metatarsusknochen der großen Zehe.	7,00	5,00	5,875	0,082	12,155
Unterer Theil der Stirnhaut.	10,00	4,00	6,000	0,081	12,414
Handrücken.	14,00	3,50	6,966	0,069	14,412
Unterer Theil der behaarten Haut des Hinterhauptes.	12,00	6,00	8,292	0,058	17,156
Haut des Halses unter dem Unterkiefer.	15,00	3,00	8,292	0,058	17,156
Haut an dem Hintertheile der Ferse.	10,00	8,00	9,000	0,054	18,621
Schaamberg.	14,00	3,00	9,200	0,052	19,035
Haut des Scheitels.	15,00	5,50	9,583	0,050	19,827
Haut an der Kniescheibe und am Oberschenkel in der Nähe derselben.	16,00	6,00	10,208	0,047	21,120
Brustwarze.	20,00	9,50	12,066	0,040	24,964
Fußrücken in der Nähe der Zehen.	18,00	7,50	12,525	0,039	25,914
Achselgrube.	14,00	12,00	13,000	0,037	26,897
Haut an dem oberen und unteren Theile des Vorderarmes.	18,00	7,00	13,292	0,036	27,501
Haut an der Halswirbelsäule nahe an dem Hinterhaupt.	24,00	8,00	13,292	0,036	27,501
An dem oberen und dem unteren Endtheile des Unterschenkels.	18,00	9,00	13,708	0,035	28,361
Männliches Glied.	18,00	10,00	13,850	0,0348	28,655
An dem Acromion und dem Oberarm in der Nähe desselben.	18,00	6,00	13,866	0,0349	28,688

Theile.	In pariser Linien ausgedrückte Größe der kleinsten Entfernung, in welcher zwei Punkte durch das Tastgefühl gesondert wahrgenommen werden.			Nach dem Mittelwerthe bestimmte relative Größe der Tastempfindlichkeit, die der Zungenspitze (= 0''',4833...) = 1 gesetzt. Coefficient der	
	Maximum	Minimum	Mittel.	Schärfe.	Stumpfheit.
An dem Heiligbeine.	18,00	7,50	14,958	0,032	30,948
Am Brustbeine.	20,00	8,00	15,875	0,030	32,845
Am Glutaeus u. am Schenkel in der Nachbarkeit desselben.	18,00	10,5	16,625	0,029	34,397
An der Mitte des Oberarmes mit Ausnahme der Stelle, wo die Muskeln den größten Umfang darbieten.	30,00	8,75	17,083	0,028	35,344
An der Mitte des Oberschenkels mit Ausnahme der Gegend, in welcher die Musculatur das Maximum des Umfanges bedingt.	30,00	9,00	17,633	0,027	36,482
An der Mitte der Halswirbelsäule.	30,00	7,00	18,542	0,026	38,362
An den fünf obersten Rückenwirbeln in der Nähe der Mittellinie des Rückens.	24,00	11,00	19,000	0,025	39,310
An dem untersten Theile der Brust- und der Lendenwirbelsäule.	24,00	11,5	19,912	0,022	44,758
An der Mitte der Rückenwirbel.	30,00	11,00	24,208	0,020	50,086

Diese Uebersicht zeigt uns zuvörderst, daß 1) der im Durchschnitt am wenigsten fein fühlende Theil unseres Körpers, nämlich die Haut in der Mitte des Rückens zwei gesonderte Punkte ungefähr 50 Mal schwächer als die Zungenspitze, welche das andere Extrem darstellt, unterscheidet. Als beiderseitige Grenzen lassen sich in dieser Hinsicht im Allgemeinen $1/2$ und 25 pariser Linien oder $1 1/8$ und $56 1/4$ Millimeter annehmen.

2) Die verschiedenartige Vertheilung der abweichenden Größen der Tastempfindlichkeit entspricht im Ganzen den physiologischen Zwecken der einzelnen Gebilde. Die Zungenspitze, welcher die genauere Beurtheilung der mechanischen Verhältnisse der Nahrungsmittel obliegt, und die Volarflächen der Finger, die unter den gewöhnlichen Verhältnissen die Hauptrepräsentanten der feineren Tastempfindung darstellen, erscheinen als die höchsten Glieder der Skale (= 1 bis 1,5). Ihnen zunächst kommen die rothen Oberflächen der Lippen (= 3,1), die ein genaueres Unterscheidungsvermögen sowohl bei dem Essen als bei dem Küssen voraussetzen.

Die dann folgende Gruppe bilden einzelne Stellen der Haut der Finger, der großen Zehe, des Gesichtes, des Zungenrückens und der Mundhöhle, so wie die Vorhaut (= 3,2 bis 10,9). Ihnen folgen verschiedene Punkte des Scheitels und der Nachbartheile, solche der Hand und des Fußes, und der Schamberg (= 12,1 bis 19,8), bis endlich die übrigen Theile der Extremitäten, die Achselgrube, die Brustwarze (des Mannes), der Penis, das Brustbein und die Rückenhaut längs der Wirbelsäule (= 21,1 bis 50,0) die Reihe beschließen. Theile, auf denen die Körperlast längere Zeit ruhen muß, stehen in dieser Hinsicht aus leicht ersichtlichen Gründen sehr tief. So die Haut des Nackens, des Rückens und der Lenden (= 38,3 bis 50,5), die des Gesäßes (= 34,4) und die Ferse (= 18,6). Die letztere erlangt den relativ höchsten Werth der Schärfe, weil der unbedeckte Fuß bei dem Gehen die Untersuchung des Bodens zu übernehmen hat. Nichts desto weniger verhält sich aber dabei die Stumpfheit des Gefühles in dem Endtheile der großen Zehe zu der der Volarfläche des Daumens = 6,724 : 1,500 = 4,48 : 1, d. h. das Tastgefühl des Daumens ist ungefähr 4½ Mal so fein als das des entsprechenden Theiles des Fußes. Eben so gehen zwar einander die oberen und die unteren Extremitäten im Ganzen parallel; allein jene haben immer einen größeren oder kleineren Vorrang vor diesen. Die Umgebung der Gelenke besitzt in der Regel eine feinere Tastempfindlichkeit als die Mittelpartieen der Arme und Beine.

3) Den allgemeinen Verhältnissen des Tastgefühles entsprechend ist die größte Empfindlichkeit solchen Stellen verliehen, welche Endtheile bilden, frei liegen und in mannichfachen Richtungen bewegt werden können. Hierher gehören die Zungenspitze, die letzten Phalangen der Finger und der Zehen, die Lippen, die Nasenspitze u. dgl. Stücke, die an sie grenzen, haben immer etwas niederere Werthe als sie selbst. Dieses Gesetz bildet gewissermaßen den physiologischen Ausdruck des anatomischen Verhältnisses, daß die Natur die Nervenfasern so sehr als möglich bis zuletzt aufspart, bevor sie sie der Endschlingenbildung überläßt.

4) Gleichwie die anderen Sinneswerkzeuge nach der vorderen Hälfte des Körpers gewandt sind, so hat auch diese im Allgemeinen rücksichtlich der Tastperception vor der hinteren den Vorzug. An der Hand und dem Fuße ist die Volarfläche in dieser Hinsicht die begünstigtere.

5) Wollustgefühl und Tastempfindung erscheinen, wie sich auch den Gesetzen der Nervenphysiologie gemäß zum Theil erwarten läßt, durchaus unabhängig von einander. Denn gerade die männlichen Geschlechtstheile nehmen in der oben verzeichneten Tabelle keine sehr hohen Stufen ein. Die Vorhaut als die sensibelste Parthie hat 10,6, der Schamberg 19,0 und der Penis sogar 28,7. Diesem entsprechend kommt auch der männlichen Brustwarze 25,0 zu. Alle Stellen der Art zeichnen sich aber dadurch aus, daß das Schmerzensgefühl im Allgemeinen sehr leicht und mit besonderer Intensität hervortritt. Die Berührung des Fußrückens und selbst der Volarfläche des letzten Phalanx des Zeigefingers oder der Zungenspitze mit zwei unbedeckten Cirkelspitzen erregt eine weniger unangenehme stechende Empfindung, als die des männlichen Gliedes. Endlich

6) Werden zwei einander möglichst nahe gerückte Punkte um so eher gesondert aufgefaßt, je verschiedenartigere Nerven sie berühren. Man sieht dieses zunächst an der Mittellinie des Körpers am deutlichsten. Die Neurologie lehrt uns, daß die Hautnerven von beiden Seiten nach der Mitte convergiren und auf diese Weise jede Hälfte fast ausschließlich von den Nerven ihrer Seite versorgt wird. Diesem entsprechend ist auch das Unterscheidungsvermögen viel schärfer, wenn die beiden Spitzen symmetrische seitliche Theile berühren, als wenn sie sich gerade in der Mittellinie befinden. Hiermit hängt auch der schon früher erwähnte Satz zusammen, daß wir kleine Entfernungen bei horizontaler Aufstellung der Spitzen im Allgemeinen feiner als bei longitudinaler auffassen.

Der bestimmte Grad von Tastempfindlichkeit, welcher einer einzelnen Hautstelle zukommt, kann sich durch verschiedene Momente, die auf den Thätigkeitszustand der sensiblen Nerven einwirken, wesentlich verändern. Den großen Einfluß der Uebung erhärten am besten die fast ans Unglaubliche grenzenden Unterscheidungen, welche den indischen Spinnern rücksichtlich der Faden ihrer Gewebe möglich sind. Sie sondern z. B. auf diese Art in dem rohen Cocon des Seidengespinnstes 20 verschiedene Grade der Feinheit [1]. Eben so entwickelt sich auch wahrscheinlich das Tastgefühl der Zehen bei Mangel der Arme in einem nicht minder bedeutendem Maaße. Ein Individuum der Art, dem nicht nur die beiden oberen Extremitäten vollständig, sondern auch die beiden zweiten Zehen fehlten, bildete sich sogar zum Maler aus, indem es in dieser Hinsicht mit seinen feiner fühlenden und beweglicheren Zehen, wie wir mit den Fingern arbeitete [2]).

Umgekehrt wird das Tastgefühl durch schädliche Einflüsse momentan oder dauernd abgestumpft. Hatte eine Hautstelle einen bedeutenden Druck längere Zeit auszuhalten, so zeigt sich ihr Tastvermögen vermindert. Diese Erscheinung bildet dann die Folge einer gewissen Ueberreizung und der durch sie bedingten Abstumpfung. Wird eine Extremität mit einem Bande fest umschlungen, so bleibt das Gefühl im Anfange, wie es scheint, dasselbe, verringert sich aber, so wie Ameisenkriechen eintritt. Jeder Eindruck steigert sich leichter als sonst zu wahrem Schmerze. Während mäßige Wärmegrade die Tastempfindlichkeit in bedeutendem Maaße begünstigen, wird sie durch Kälte abgestumpft und durch höhere Temperaturen dergestalt verändert, daß schon leiser Druck schmerzt. Eine zu große Durchfeuchtung der Haut kann auf zweierlei Art wirken. Die Kälte, welche später noch durch die Verdunstung des Wassers ferner unterhalten wird, setzt die Empfindlichkeit der Nerven, die Durchtränkung dagegen die Widerstandscorrection der Oberhaut herab. Das Tasten wird daher stumpfer und bedingt leicht bei höheren Graden der Einwirkung unangenehme Empfindungen. Hat ein Mensch z. B. ein kaltes Flußbad genommen, so wird er bald finden, daß seine Tastperceptionen im Anfange im Ganzen schwächer ausfallen, sich aber bedeutend verstärken, so wie sich seine abgetrocknete Haut geröthet hat oder überhaupt das Gefühl der Erstarrung geschwunden ist. Chemische Substanzen, wie z. B. Essigsäure oder eine Auflösung von kaustischem Kali, welche die Epidermidalzellen zum Theil auflösen, können im Anfange die Feinheit des Tastvermögens dadurch in geringerem Grade erhöhen, daß sie die Widerstandsfähigkeit der Muttergewebe der Haut verkleinern. Allein sie setzen bald die Nerven durch eben diese Verhältnisse den äußeren Einwirkungen zu sehr aus, so daß Schmerz statt des bloßen Tastgefühles resultirt. Dieses verringert sich auch, wenn narkotische Gifte oder andere Einflüsse die Empfindlichkeit der Nerven abgestumpft haben. Ein Mann, der längere Zeit Taback geraucht hat, besitzt an seiner Zungenspitze ein minder zartes Gefühl als sonst. Leute von sehr geringer Intelligenz bieten auch eine große Stumpfheit ihres Tastvermögens dar. Menschen mit den höchsten Graden des Cretinismus, wie sie im Wallis oder im Aosta-

---

1) R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 343.

2) F. Magendie Handbuch der Physiologie. Uebersetzt von Heusinger. Eisenach, 1834. 8. Bd. I. S. 126.

thale verkommen, lieben nicht selten, Glasscherben in ihren Schuhen zu tragen u. dgl. mehr. Umgekehrt aber stören auch alle Momente, welche eine zu große Empfänglichkeit für Schmerzen bedingen, die Feinheit der Tastempfindungen. Daß alle diese Verhältnisse und vorzüglich die Abstände, in welchen zwei Punkte gesondert wahrgenommen werden können, zur Beurtheilung der ersten Anfänge von Hautlähmungen benutzt werden können, versteht sich von selbst.

Die genauere Unterscheidung der Tastempfindungen hängt noch von 1293
einer Reihe von Nebenumständen, die auch auf die anderen Sinnesorgane in ähnlicher Weise wirken, ab. Trifft z. B. ein Gegenstand unsere Haut plötzlich und sucht er gegen sie einen Widerstand mit einer gewissen Schnelligkeit auszuüben, so fühlen wir ihn zunächst stärker und feiner. Ueberschreitet dagegen dieses Verhältniß eine bestimmte Grenze oder ist unsere Aufmerksamkeit in demselben Augenblicke durch andere Dinge gefesselt, so tritt der umgekehrte Erfolg ein. Aus dem letzteren Grunde spüren z. B. Menschen, die in heftigem Kampfe begriffen sind, ihre Verwundung im ersten Momente gar nicht. Kranke dagegen, die sich lange vor der ihnen bevorstehenden Operation gefürchtet und deren volle Aufmerksamkeit durch die nöthigen Vorbereitungen auf sie gelenkt worden, empfinden die Schmerzen in verstärktem Maaße. Ohnmächtige, Halbcretins ertragen leicht die heftigsten chirurgischen Eingriffe ohne irgend bedeutende Reaction, während diese nicht selten bei sehr geistreichen und lebhaften Menschen alle vorangehende Berechnung vereitelt.

Ungleiche Berührung zweier Hautstellen erhöht meistentheils die Perception. Wird aber der befühlte Gegenstand oder die Haut öfters hin- und herbewegt, so verstärkt sich die Schärfe der Empfindung in noch bedeutenderem Maaße. Wir orientiren uns dann nach und nach und suchen durch Wiederholung der Eindrücke die ursprüngliche Unvollkommenheit derselben zu ergänzen. Ist dagegen ein Theil der Haut zu lange der Tastthätigkeit unterworfen worden, so stumpft sich sein Gefühl ab, so daß er zuletzt zwei Punkte, die er sonst noch unterscheidet, einfach wahrnimmt oder bei geringeren Eindrücken Schmerzen entstehen. Wird dagegen diese Uebung auf verschiedene Zeiträume vertheilt, so vervollkommnet sich hierdurch die Empfindlichkeit, wie die indischen Weber oder intelligentere Blinde am besten beweisen, in hohem Maaße.

Verhältnisse der Art üben daher auch auf unser dem Tastgefühle allein anheimgestelltes Urtheil einen wesentlichen Einfluß aus. Die Formen harter und mäßig warmer Körper sind auf diesem Wege leichter und vollständiger als die weicher und kalter oder sehr heißer zu bestimmen. Von zwei gleichzeitig empfundenen verschiedenen Eindrücken läßt der stärkere den schwächeren in den Hintergrund treten. Eben so geben minder empfindliche Hautstellen undeutlichere und zum Theil unrichtigere Resultate. Das Letztere führt sogar zu einer Reihe eigenthümlicher Sinnestäuschungen, auf welche zuerst E. H. Weber[1]) genauer aufmerksam gemacht hat. Wenn man nämlich die beiden gedeckten, in einer bestimmten Entfernung von einander befindlichen Cirkelspitzen von einer minder fein tastenden

[1]) a. a. O. p. 59.

Hautstelle nach einer sensibleren hinbewegt, so haben wir das Gefühl, als wenn sich der Abstand der beiden wahrgenommenen Punkte vergrößerte, während er sich in dem umgekehrten Falle zu verkleinern scheint. Der Versuch gelingt z. B. sehr gut, wenn man die beiden Spitzen von der Oberfläche des unteren Augenlides längs der Wangen nach der Oberlippe hinabgehen oder in umgekehrter Ordnung hinaufstreichen läßt. Bei einiger Uebung läßt sich dieselbe Beobachtung an allen anderen verschieden tastenden Hautstellen mit mannichfachen Modificationen wiederholen.

Wenn zwei Punkte so wenig von einander entfernt sind, daß sie nur einen einfachen Eindruck an einer bestimmten Hautparthie erzeugen, so kann man sie dennoch, wenn nicht ihre Distanz gar zu klein ist, doppelt fühlen, sobald man sich durch gegenseitige Bewegung der Haut und des widerstehenden Objectes orientirt. Die verschiedenen gegenseitigen Ortsveränderungen und das Bewußtsein der bewegenden Thätigkeit und der darauf verwendeten Zeit ergänzen hier bis zu einem gewissen Grade die Unvollständigkeit der ursprünglichen Wahrnehmung [1].

1294 Die zweite Richtung der Thätigkeit der Tastnerven, nämlich die Beurtheilung der Temperatur eines Körpers, welcher mit der Haut in Berührung kommt, beruht durchgängig auf relativen Abschätzungen und unterliegt daher sehr vielen Schwankungen, welche durch die subjectiven Verhältnisse des Körpers bedingt werden. Wir haben schon früher (§. 110) gesehen, in welchem Maaße die Wärme unserer Haut die Schätzung des Wärmegrades einer mit ihr in Berührung kommenden Substanz bestimmt. Hat jene z. B. 37° C., so erscheint uns eine Masse, die 38° C. besitzt, sehr warm, eine solche dagegen, die nur 32° hat, verhältnißmäßig kalt. Die Auffassung kleinerer Unterschiede fällt aber um so richtiger aus, je weniger sich der Temperaturgrad des berührten Körpers von dem unserer Haut entfernt. Dauert der Contact einige Augenblicke, so kommt das Vermögen des Körpers, uns Wärme zu entziehen, in Betracht. Er erscheint uns nämlich um so kälter, in je höherem Grade er diese Fähigkeit besitzt. Wir erfahren dieses sogleich, wenn wir z. B. einen Metall- und einen Holzstab, Quecksilber oder Wasser von derselben Temperatur berühren. Hat aber eine Ausgleichung durch den längeren Aufenthalt Statt gefunden, so erhalten wir das Gefühl einer größeren Wärme, und unsere Haut wird von einem nur wenig höher temperirten Körper, der sonst andere Wirkungen bedingt, mit der Perception des Warmen erfüllt. Am besten sehen wir dieses bei dem Baden in einem kalten Flusse und dem nachfolgenden Austritte in die Luft. Nur dann, wenn die kühle Substanz dergestalt einwirkt, daß sie fortwährend Wärme entzieht und keine Ausgleichung gestattet, entsteht eine sich immer steigernde Wahrnehmung der Kälte.

Nicht selten übt auch die Hautstelle, mittelst welcher die Temperatur empfunden wird, auf unser Urtheil einen bedeutenden Einfluß aus. Theile nämlich, die wie die Fingerspitzen die Entfernung zweier Punkte

---

[1]) Vergl. E. H. Weber a. a. O. p. 77—81.

sehr genau unterscheiden, schätzen auch die Wärmegrade verschiedener Flüssigkeiten richtiger als andere, minder empfindliche Partheieen. Jedoch kann auch hier die Dicke der Oberhaut corrigirend dazwischentreten, indem Stellen mit dünner Epidermis die Wärme besser als den mechanischen Widerstand und umgekehrt auffassen. Eben so treten auch solche Unterschiede bei sehr starken oder nur augenblicklich wirkenden Eindrücken in hohem Grade in den Hintergrund.

Die Beurtheilung des Wärmegrades hängt noch nach E. H. Weber[1]) auf eine wesentliche Weise von der Größe der berührenden Fläche ab. Läßt man z. B. einen Menschen einen Finger in Wasser von 40° bis 41° C. und die andere ganze Hand in solches von 37° C. eintauchen, so erscheint ihm dieses letztere nach den Beobachtungen dieses Forschers wärmer als das erstere. Die quantitative Vermehrung der empfindenden Punkte trägt sich also hier auf die Beurtheilung der Qualität über und erzeugt auf solche Art eine unrichtige Folgerung. Ihm analog unterscheiden wir auch die Wärmegrade zweier Fluida genauer, wenn wir in sie die Finger nach einander, als wenn wir sie zugleich eintauchen.

Nach Weber[2]) würde auch Wasser, welches durch die linke Hand geprüft würde, den meisten Menschen wärmer als das gleiche, wenn es durch die rechte zur Wahrnehmung gelangt, vorkommen.

Unter sonst gleichen Verhältnissen tritt natürlicher Weise das Gefühl des Brennens in einem in eine heiße Flüssigkeit eingetauchten Finger um so früher ein, je höher die Temperatur des Fluidums selbst ist. Bei 51,9° C. fehlte es nach Weber[3]) an dem letzten Phalanx des Zeigefingers gänzlich. Dagegen zeigte es sich z. B. nach den in nachfolgender Tabelle verzeichneten Zeiträumen, wenn das Nagelglied des Daumens eingetaucht wurde: 1295

Temperatur des Wassers in Celsius'schen Graden.	In Secunden ausgedrückte Zeitdauer des Eintauchens, nach welchem der Daumen wegen unerträglichen Brennens herausgezogen werden mußte.	Temperatur des Wassers in Celsius'schen Graden.	In Secunden ausgedrückte Zeitdauer des Eintauchens, nach welchem der Daumen wegen unerträglichen Brennens herausgezogen werden mußte.
71°,25	3,5	63°,75	4,0 bis 5,0
66°,25	4,5	62°,50	4,0
65°,00	4,0	61°,25	8,0
		60°,00	5,5

Der kleinere Werth, welcher bei 60° C. gefunden wurde, rührt wahrscheinlich davon her, daß der genannte Handtheil kurz zuvor zu anderen Versuchen gebraucht und daher zu reizbar gemacht worden war.

---

[1]) E. H. Weber a. a. O. p. 114 und 164. 165.
[2]) Ebendaselbst p. 119. 120. [3]) Ebendaselbst p. 128.

1296 Die Bestimmung des Gewichtes, welches eine Hautstelle belastet, beruht, wie wir schon sahen, auf keiner bloßen Tastempfindung, sondern zugleich auf der Wahrnehmung der zu diesen Auffassungen nöthigen Muskelbewegung. Dieser schon theoretisch folgende Satz wird sehr deutlich durch die Versuche von E. H. Weber [1]) erhärtet. Wurden z. B. auf die eine Hand 2 Pfd. und auf die andere so viel weniger aufgelegt, daß die Person die Differenz der beiderseitigen Belastung eben wahrnahm, so fiel diese ungleich größer aus, wenn der bloße Tastsinn, als wenn er in Verbindung mit den Muskelbewegungen zu Hilfe gezogen wurde. Im ersteren Falle lagen die Gewichte auf der ruhenden Hand, während sie der Mensch in dem letzteren balanciren konnte. Reducirt man z. B. die größten Unterschiede, welche noch nicht zur Empfindung kamen, auf Bruchtheile des einen gleichbleibenden Gewichtes von 2 Pfund, so ergaben sich folgende relative Werthe in 13 an verschiedenen Individuen angestellten Beobachtungsreihen:

Versuchsreihe.	Nicht mehr empfundener Minimalunterschied		Versuchsreihe.	Nicht mehr empfundener Minimalunterschied	
	ohne Bewegung.	mit Bewegung.		ohne Bewegung.	mit Bewegung.
1	0,200	0,031	8	0,250	0,062
2	0,200	0,062	9	0,250	0,062
3	0,500	0,062	10	0,500	0,062
4	0,250	0,125	11	0,333	0,062
5	0,500	0,062	12	0,500	0,250
6	0,500	0,125	13	0,333	0,200
7	0,250	0,091			

Wir haben daher im Mittel für die bloße Anwendung des Tastsinnes 0,351 und für die desselben in Verbindung mit der Muskelbewegung 0,097, d. h. die Zuziehung der letzteren verschärfte die Feinheit der Gewichtsschätzung durchschnittlich fast um das Vierfache.

Wenn ein Körper auf eine feiner empfindende Hautstelle drückt, so erzeugt er im Allgemeinen eine größere Wirkung und erscheint daher auch schwerer, als wenn er auf eine minder sensible Stelle einwirkt. Legt man daher z. B. eine Masse auf die Lippen und eine zweite entsprechend schwerere auf die Stirn, so werden sie die gleiche Druckperception verursachen, und umgekehrt müssen in diesem Falle gleiche Lasten ungleich erscheinen [2]). Eben so zeigt sich noch meistentheils der eigenthümliche Unterschied, daß die rechte Seitenhälfte die auf ihr ruhenden Gewichte mit geringerer In-

[1]) Ebendaselbst p. 90. Vergl. auch J. G. Steinbuch Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 58 fgg.

[2]) Ausführliche Versuche hierüber siehe bei Weber a. a. O. p. 97 fgg.

tensität als die linke wahrnimmt. Dieses Verhältniß tritt nicht bloß an der Hand, sondern auch an den übrigen Körpertheilen hervor [1]).

Werden aber schon die bisher behandelten Tastempfindungen, sobald 1297
sich die Reize oft nach einander wiederholen, bedeutend verstärkt, so zeigt sich dieses in noch höherem Maaße bei den Gefühlen der Wollust, welche z. B. durch Kitzeln der Achselhöhle, der Fußsohle u. dgl. oder durch Befriedigung des Geschlechtstriebes erregt werden. Eine einmalige Berührung ruft hier nur die Wahrnehmung des Tastens oder des Schmerzes hervor. Zur Erzeugung jener ersteren Empfindung dagegen wird eine wiederholte Reibung erfordert. Diese kann selbst so stark sein, daß sie an und für sich Schmerz und Zerstörung der afficirten Theile veranlaßt. Der Kitzel der Wollust unterdrückt dann jede nicht zu heftige unangenehme Empfindung. Sie tritt erst später hervor, wenn jener aufregendere Eindruck verschwunden ist. Menschen mit juckenden Hautausschlägen kratzen sich oft blutig und fühlen dabei zunächst das größte Behagen, dem freilich nachher der Schmerz der Wunde auf dem Fuße folgt. Leidenschaftliche Onanisten vergnügen sich nicht selten dadurch, daß sie sich den Penis durch Bindfaden, Ringe u. dgl. einschnüren oder ihn selbst verwunden, ja sogar, wie einzelne Beispiele lehren, nach und nach theilweise amputiren. Der Stachelbesatz des männlichen Gliedes, welcher bei einzelnen Säugethieren vorkommt, muß oft die Scheide blutrünstig machen, so daß nur die Begattungslust die nervöse Einwirkung solcher Verletzungen aufhebt.

Außer diesen Wollustgefühlen kann jede bloße Tastempfindung angenehm oder unangenehm afficiren. Viele Leute betasten mit besonderem Wohlgefallen sehr glatte und vorzüglich weiche feinhaarige Gegenstände, die gewissermaßen das Minimum des Kitzels erzeugen. Manchen ist das Gefühl klebriger Gegenstände, Anderen das des feinen Sandes im höchsten Grade zuwider. Welche Empfindungen unangemessene Perceptionen der Zähne, z. B. das plötzliche Kauen feinen Sandes, sehr kleiner Knochensplitter, das Durchziehen eines Fadens durch die Zahnreihen veranlaßt, ist hinreichend bekannt.

Obwohl einzelne Personen die Schärfe ihres Tastsinnes zu einem 1298
sehr hohen Grade ausbilden, so steht dieser doch unter den gewöhnlichen Verhältnissen den höheren Sinnen in Betreff der Minimalgrenzen der Perception bedeutend nach. Sie hält zunächst gar keinen Vergleich mit der des Gesichtes aus. Ich unterscheide z. B. zwei ungefähr $^1/_5$ Millimeter dicke Punkte, welche 1 Millimeter = 0,443296 pariser Linien von einander abstehen, in einer Entfernung von 170 Centimeter = 753,60 Linien ohne irgend eine Mühe. Jene Distanz entspricht einem Netzhautbildchen von $\frac{4,731 \times 0,443296}{753,60 + 5,29} = 0''',0027635$. Da nun die geringste Entfernung, welche von der Zungenspitze wahrgenommen wird, 0''',48 beträgt, so zeigt sich unsere Netzhaut bei ihrer noch weit von dem Maximum entfernten Thätigkeit 173,69 Mal schärfer als unser feinstes Tastorgan.

[1]) Ebendaselbst p. 92 fgg.

Erinnern wir uns ferner, daß die kleinste Entfernung der Netzhautbildchen zweier gesondert wahrgenommener Linien unter den günstigsten Verhältnissen nur 0''',0010953 beträgt (§. 1093), so steigt sogar dieser relative Werth auf 438,23, das Auge sieht dann 400 bis 500 Mal schärfer, als die Zungenspitze tastet.

Ein irgend geübtes Augenmaaß erkennt noch eine Linie, die 201 Millimeter umfaßt, für länger als eine, welche nur 200 Mm. hat, wenn auch beide entfernt von einander und in verschiedenen Richtungen gezeichnet sind. Wie früher angeführt worden, unterscheidet ein gewöhnliches musikalisches Ohr zwei Töne, von denen der eine 100, der andere 101 Schwingungen in der Secunde macht. Dieses wird sogar noch bei großer Aufmerksamkeit und sehr feinem Gehöre unter einem Verhältnisse von 200 : 201 oder selbst von 321 : 322 möglich [1]). Während also noch das Gesichtsorgan mit Leichtigkeit eine Differenz von $1/_{200}$, das Ohr eine solche von $1/_{100}$ und sogar unter gewissen Verhältnissen von $1/_{200}$ bis $1/_{322}$ sondern kann, beträgt der gleiche Werth für die Abschätzung der Gewichte mittelst des durch die Muskelbewegung unterstützten Tastsinnes $1/_{32}$ (§. 1295), d. h. dieser erscheint mindestens 6 bis 7 Mal so stumpf als das Augenmaaß und 6 bis 10 Mal weniger scharf als die gegenseitige Beziehung der Gehöreindrücke. Berücksichtigt man aber die Gefühlseindrücke allein, so erhöht sich die Minimalgröße auf 0,125, d. h. das Auge und das Ohr arbeiten dann noch 4 Mal schärfer, als nach den zuletzt angegebenen Zahlen resultiren würde.

1299 Aehnliche Verhältnisse kehren in Betreff der Oertlichkeitsauffassung wieder. Wir haben bei dem Sehen durch die von Burow aufgestellten Versuche über die Kreuzung der Gesichtslinien bei dem indirecten Sehen zu erhärten uns bemüht, daß die Netzhaut die Richtung der Einströmung der Lichtwellen aus dem Glaskörper mit sehr vieler Pünktlichkeit auffasse. Setzen wir dagegen eine gedeckte Cirkelspitze selbst auf sehr fein fühlende Hautstellen auf, so können wir nur sehr dunkel unterscheiden, ob sie senkrecht oder geneigt steht, es sei denn, daß in dem letzteren Falle eine größere Oberfläche dem Tastsinne dargeboten wird. Eben so finden wir zwar sogleich den Punkt, an welchem uns etwas sticht oder sonst afficirt. Allein auch hier ereignen sich leicht bei stumpf auffassenden Hauptarthieen untergeordnete Irrthümer um so eher, je schwächer der Eindruck ist und je kürzer er dauert oder je weniger er sich wiederholt.

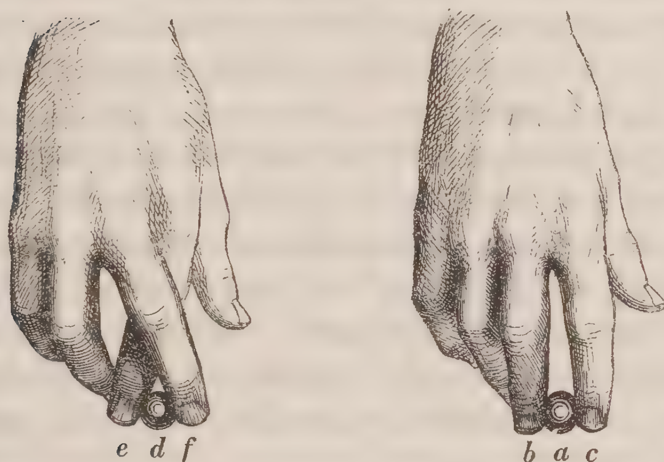
Wenn ein Körper eine Reihe benachbarter Punkte unserer Haut afficirt, so suchen wir diese verschiedenen Wirkungen zu einem Ganzen zu combiniren und uns auf diese Art eine unmittelbare Flächenanschauung zu bereiten. Hierbei spielt aber wieder ebenfalls die Größe der Tastempfindlichkeit der berührten Punkte eine mehr oder minder bedeutende Rolle. Wenn wir z. B. ein ganz ebenes Lineal gleichzeitig an den Wangen und den Lippen reiben, so erscheint es uns bisweilen an denjenigen Punkten, welche den letzteren entsprechen, rauher.

---

[1]) E. H. Weber a. a. O. p. 172.

Werden zwei möglichst gleiche Gegenstände durch zwei symmetrische 1299
Hautstellen, z. B. durch die beiden Daumenseiten der Volarflächen der letzten Zeigefingerphalangen, befühlt, so geben sie gesonderte und keine zu einem Ganzen verschmolzene Wahrnehmungen. Dagegen bietet auch der Tastsinn unter gewissen natürlichen Verhältnissen die Täuschung des Doppeltfühlens einfacher Gegenstände dar. Wir sehen dieses am besten in einem schon den Griechen bekannten, und von Sturm genauer beschriebenen Versuche. Betastet man eine kleine Kugel a mit der Daumenseite des Mittelfingers b und der Kleinfingerseite des Zeigefingers c, so erhält man einen einfachen Eindruck, d. h. man hat die Empfindung, als wenn man der Wirkung zweier entgegengesetzter Flächen eines und desselben Körpers ausgesetzt wäre. Kreuzt man dagegen die genannten Finger, so daß die hin- und hergerollte Kugel d mit der Daumenseite e des Zeige- und der Kleinfingerseite des Mittelfingers f in Berührung kommt, so stellt sich die Wahrnehmung so dar, als wenn man zwei gesonderte neben einander befindliche sphärische Körper vor sich hätte. Das Resultat bleibt das gleiche, wenn man den Ring- oder den kleinen Finger zu dem Experimente gebraucht oder die Finger überhaupt in ähnlicher Weise zu combiniren sucht. An den Zehen gelingt der Versuch schwieriger, weil man hier nur mit vieler Mühe den Contact der Kugel mit beiden Volarflächen zu Stande bringt. Auf die Erklärung dieser Erscheinungen werden wir in der Nervenphysiologie zurückkommen.

Fig. 197.



Subjective Tastempfindungen. — Die beiden vorzüglichsten 1300
Richtungen der objectiven Thätigkeit des Tastsinnes, nämlich das Gefühl des mechanischen Eindruckes und der Temperatur, können auch als rein subjective Perceptionen auftreten. Wir haben z. B. in ersterer Hinsicht das Ameisenlaufen, das Stechen und Brennen bei dem Einschlafen der Glieder, welches durch eine umschlungene Ligatur bedingt wird, das Pelzigwerden, Prickeln und ähnliche Gefühle, welche in Folge von Kälte oder verschiedener Nervenkrankheiten eintreten u. dgl. mehr. Eben so ist die Frostempfindung, die in dem ersten Stadium der Fieber auftritt, als eine rein subjective Nervenauffassung anzusehen. Denn die äußere Haut hat alsdann nicht nur keine niederere, sondern sogar noch eine etwas höhere Temperatur als sonst. Das Gleiche gilt von dem Brennen der Fieberhitze, das mindestens dem Kranken immer bedeutender vorkommt, als durch das Thermometer nachgewiesen werden kann (§. 103). Ueberhaupt sind die Empfindungen der Kälte und Wärme sehr relativ, da wir in Betreff

ihrer nur nach dem Zustande unserer Haut und den Einwirkungen, welche sie unmittelbar vorher getroffen haben, urtheilen.

Bei dem Schaudergefühle verbindet sich häufig die Empfindung eines subjectiven Rieselns mit der der Kälte. Die Hautnerven reagiren daher hier in beiderlei Richtungen neben einander. Eben so können sich solche Tastwahrnehmungen mit Perceptionen von Muskelideen combiniren. Dieses haben wir bei dem Gefühle der Leichtigkeit, der Frische, der Ermüdung, des Mattseins u. dgl.

Alle normalen oder abnormen Veränderungen der materiellen Verhältnisse oder Stimmungen des Nervensystemes geben sehr leicht zu subjectiven Täuschungen der sensiblen Nerven Veranlassung. Viele Menschen empfinden bei dem Einschlafen ein eigenes feines Rieseln an den Schläfen, am Scheitel oder dem Kopfe und Nacken überhaupt. Individuen, welche sehr lange einen engen Ring, eine fest anliegende Brille oder einen drückenden Verband getragen haben, glauben noch eine Zeit lang nach Entfernung dieser Dinge den mechanischen Widerstand wahrzunehmen. Der Irrthum tritt besonders dann ein, wenn die Einschnürung der Haut auch noch nach Fortschaffung der ursprünglich wirkenden Ursache anhält. Eben so gehören hierher die mannichfachen Empfindungen, welche Hypochondristen und vorzüglich Hysterische wahrnehmen und besonders durch ihre Phantasie noch specieller ausschmücken.

Ist das Gefühlsvermögen der Hautnerven erniedrigt, so entstehen leicht Täuschungen, welche von dem Menschen unwillkürlich auf die Objecte selbst übertragen werden. Habe ich z. B. in einem kalten Flußbade bei 13° C. mehr als eine Viertelstunde verweilt, so erhalte ich einige Zeit darauf eine intensive Empfindung von Pelzigsein in meinen Händen. Wenn ich dann einen harten Körper berühre, so kommt es mir vor, als wenn eine Zwischensubstanz zwischen ihm und meinem Finger vorhanden wäre. Personen mit theilweiser Lähmung der Haut der Füße glauben oft, wenn sie stehen, daß eine Wasserblase zwischen ihrer Ferse und dem Boden existire. Die größere Stumpfheit des Gefühls läßt den Widerstand eines festen Körpers unter einem verminderten Cohäsionsgrade auffassen. Wenn Individuen, die an vollkommener Paralyse der einen Hälfte der Ober- oder Unterlippe leiden, aus einem Glase trinken, so glauben sie, daß ein Stück desselben ausgebrochen sei, weil sie den Mangel ihrer Perception auf den Gegenstand selbst übertragen [1]).

Nerventhätigkeit.

1301 Das Nervensystem nimmt unter allen den mannichfaltigen Apparaten, mit welchen der Organismus des Menschen und der Thiere ausgerüstet worden, in jeder Hinsicht den höchsten Rang ein, weil seine Thätigkeiten

[1]) Eine Reihe von Versuchen über die abweichenden Hautempfindungen nach Einwirkungen der Reibung, der Ligatur und der Kälte siehe bei: C. J. H. Inderfurth de sensus in cute aberrationibus. Bonnae. 1832. 4. p. 15—18.

nicht nur die übrigen Werkzeuge der thierischen Maschine reguliren, sondern auch die nächste Vermittelung zwischen den geistigen Anregungen und den materiellen Gliedern der Organisation übernehmen. Es bildet daher zunächst den Ausgangs- und Vereinigungspunkt der sämmtlichen höheren Lebensäußerungen und beherrscht zugleich indirect die Erscheinungen des Stoffwandels. Diese allgemeinere Beziehung verleiht ihm eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Blutgefäßsysteme, welches das Centrum der chemischen Veränderungen des thierischen Organismus darstellt, und daher auch alle Gewebe, die des Nervenapparates nicht ausgenommen, belebt. Allein eine irgend specielle Durchführung des Vergleiches zeigt bald, auf wessen Seite die feinere und mannichfachere Organisation und mit ihr der größere Reichthum von Kräften anzutreffen sei.

Alle Theile, welche von Blutgefäßen versorgt werden, empfangen auch Nerven, während umgekehrt die Oberhaut, die Epithelien, die Haare und Nägel, sowie die Krystallinse beider Elemente entbehren. Sowohl die Capillargefäße als die Endgeflechte und die Endschlingen der Nervenfasern entsprechen nicht den einzelnen Zellen oder Fasern der Gewebe, sondern größeren Gruppen derselben. Die Art des Schlusses dieser beiden Systeme correspondirt mithin ebenfalls dem Charakter ihrer Allgemeinheit. Gleichwie das Blut die Ernährungsflüssigkeit liefert und erst diese mit den einzelnen Gewebeelementen in Wechselwirkung tritt, so muß auch das Grundprincip, welches die Nerventhätigkeit veranlaßt, der Nervenäther, das Nervenagens, das Nervenprincip oder der thierische Geist der älteren Schriftsteller auf eine Reihe feinster Theile der Organe einwirken und in ihnen entsprechende Reactionen hervorrufen. Es entsteht auf diesem Wege eine allgemeine Anregung, welche nach Verschiedenheit der peripherischen Gebilde in eigenthümlicher Art wiedergegeben wird. Beide Systeme haben überdies Sammelorgane, Centra, welche die Mittelpunkte der peripherischen Specialwirkungen darstellen. Das Herz übernimmt diese Rolle für das Blutgefäß-, das Hirn und Rückenmark für das Nervensystem.

Allein wie arm erscheint das erstere in Verhältniß zu dem letzteren. Die hydraulische Thätigkeit umfaßt den engen Kreis, welcher die Bestimmung des Herzens ausmacht. Das Blut, das diese Wirkungen auszuhalten hat, wird nicht einmal von ihm geschaffen oder selbst auf irgend eine wesentliche Art verändert, sondern muß sich seine Bestandtheile in den Nahrungsmitteln und seine nothwendigen Verbesserungen in dem Sauerstoffe der Atmosphäre suchen, um allen Geweben des Körpers die zu ihrer Erhaltung und Thätigkeit nöthigen Substanzen liefern und das Entfernbare abscheiden zu können. Im Gehirn und Rückenmark dagegen laufen nicht nur alle Fäden des wunderbaren thierischen Räderwerkes zusammen, jeder Eindruck wird nicht bloß diesen Autokraten überliefert, jede Wirkung von ihnen bestimmt, sondern die große Reihe der gegenseitigen Uebertragungen der Reize und der selbstherrlichen Erzeugung von andern hat hier ihren Mutterboden. Das in sich wiederum aus so mannichfachen Theilen bestehende centrale Nervensystem beherrscht die Bevölkerung der

übrigen Gebilde nach bestimmten Gesetzen, denen selbst der scheinbar freie Wille bis zu einem gewissen Grade unerbittlich unterworfen ist.

1302 Der Einfluß des Blutes auf die Organelemente ist unmittelbarer und materieller und daher auch oft auffallender als der, welcher den Nerven zukommt. Empfängt ein Theil des Menschen oder eines höheren Thieres kein frisches Blut mehr, so fehlt auch die Quelle des nothwendigen Umsatzes oder die Speisung der Elementargebilde. Sie sterben um so leichter ab, je öfter sie ihrer Einrichtung nach in Thätigkeit versetzt werden, infiltriren sich mit einer krankhaften Ernährungsflüssigkeit oder werden brandig und gehen in jedem Falle ihrer ursprünglichen Bestimmung verloren. Die Nerven dagegen sind wahrscheinlicher Weise nie im Stande, auf diese directe Weise auf den Ernährungszustand der Organe einzuwirken. Wenn auch materielle Veränderungen derselben die Folge der Entziehung des Nerveneinflusses darstellen, so kommen solche Effecte erst dadurch zu Stande, daß bewegliche Theile längere Zeit hindurch ihrer nothwendigen Uebung beraubt oder die Porosität und Contractilität der Wandungen der Blut- und Lymphgefäße oder anderer Elemente, welche in dieser Hinsicht von Bedeutung sind, gestört werden. Von dem Blute hängt das Material, welches zur Erzeugung und Erhaltung der einzelnen Parthien nothwendig ist, ab. Mit der Unthätigkeit der Nerven dagegen mangelt der höhere Geist, welcher die delicaten und veränderlichen Werkzeuge der Organisation zweckmäßig einstellt, nach Verschiedenheit der Verhältnisse modificirt, bald zur Bewegung treibt, bald dagegen in Ruhe verharren läßt, der mit einem Worte alle Parthieen gleich einem einsichtsvollen Maschinisten leitet und den mannichfach wechselnden Erfordernissen anpaßt.

1303 Dieser wesentliche Unterschied bedingt auch eine Grunddifferenz in der Anordnung der Elemente des Blutgefäß- und des Nervensystemes. Die Capillargefäße vertheilen zwar die Blutmasse der Körperorgane in eine sehr große Zahl von Strömchen, welche meistentheils ihrer Kleinheit wegen dem freien Auge entgehen; allein alle Minimalquantitäten von Blut, welche in ihnen enthalten sind, fließen einen Augenblick später zusammen, um sich endlich in dem rechten Herzen zu größeren Massen zu verbinden. Wenn diese wieder in den Lungen in sehr viele zarte Ströme auseinandertreten, so findet doch bald eine neue Vermischung in dem linken Herzen Statt. Alle Isolation ist daher hier nur eine vorübergehende, welche sich auf die peripherischen Theile beschränkt und einzig und allein der Vielseitigkeit der Blutwirkung zu Liebe hergestellt worden. Sonst dagegen herrscht in dem Blutgefäßsysteme das Princip der Vermischung und Vereinigung vor. In dem Nervensysteme haben wir gerade das Umgekehrte. Jede Primitivfaser liegt isolirt neben einer andern. Mit Ausnahme der Endschlingen kommt keine Anastomose, keine wahre Verästelung zu Stande. Sie verläuft gesondert in ihrem Nervenstamme, durchsetzt ihre Ganglien, wenn sie solche Gebilde berührt, für sich, tritt vereinzelt in Hirn- und Rückenmark ein und verhält sich dann hier in der genannten Beziehung wiederum, wie in dem peripherischen Nervenstsysteme. Die Nervenkörper der Ganglien bieten ähnliche Erscheinungen dar. Nur ausnahmsweise und

in verhältnißmäßig sehr seltenen Fällen, welche wahrscheinlich mit Entwickelungszuständen zusammenhängen, werden zwei derselben durch eine Commissur vereinigt. Sonst liegt jede nicht nur isolirt, sondern ist auch in ihr eigenes Scheidensystem eingebettet. Vermuthlich kehrt noch das Gleiche bei den centralen Nervenkörpern und deren Elementen wieder, obgleich hier die Zartheit der Theile und die Schwierigkeit der vollkommen genauen Beobachtung derselben jedes bestimmte allgemeinere Urtheil unmöglich macht.

Diese Eigenthümlichkeit der durchgreifenden gegenseitigen Verbindung 1304
im Blutgefäß- und der Isolation in dem Nervensysteme erklärt sich aus den physiologischen Bestimmungen der beiden Apparate. Wenn auch die Blutmasse, welche die Galle absondern soll, eine andere Beschaffenheit als diejenige, welche die Muskeln zu ernähren hat, besitzen muß, so kann doch schon diese Differenz durch die Vereinigung der verschiedene Blutarten führenden Gefäßstämme der Leberarterie und der Pfortader erzielt werden. Vielfache Mittel, um die einzelnen Theile möglichst nutzbar zu machen, sind sogar auf diesem Wege gegeben. Das Blut z. B., welches nicht mehr die Häute des Darmes zu beleben vermag, kann noch, mit arteriellem vermischt, zur Gallenbereitung dienen. Soll dagegen das Nervensystem jeden empfindlichen oder beweglichen Theil des Organismus zweckmäßig beherrschen, so müssen auch alle von ihm ausgehenden oder zu ihm gelangenden Nervenfäden isolirt verlaufen. Nur auf diese Weise kann jede Stelle, welche den Bezirk einer Nervenfaser darstellt, seinen entsprechenden Repräsentanten im Gehirn haben. Fände eine Verschmelzung, wie bei den Blutgefäßen, nach dem Centrum hin Statt, so könnte eine Wirkung des Gehirnes auf keinen einzelnen Punkt, sondern nur auf eine Summe derselben bezogen werden. Die geregelte Herrschaft des Nervensystemes setzt daher eine möglichst scharfe Localisation, d. h. eine vollkommene Isolation der verbindenden, so wie der empfangenden oder anregenden nervösen Elemente voraus. Daß aber nichts destoweniger gegenseitige Combinationen und gleichzeitige Thätigkeiten verschiedener Gebilde durch Nebenmomente zu Stande kommen können, versteht sich von selbst.

Es ergiebt sich aus diesen Verhältnissen, daß das centrale Nerven- 1305
system, sofern es den einzigen Mittelpunkt aller nervösen Thätigkeiten bildet, Repräsentanten der Nerven der sämmtlichen Gebilde des Körpers enthalten muß. Das Gespinnst, welches die verschiedenen Parthien des Organismus durchzieht, läuft aber nicht bloß in diesem Brennpunkte zusammen, sondern alle symmetrischen Anordnungen, welche den peripherischen Elementen zukommen, wiederholen sich entweder in einer Strecke der centralen Vertheilung der entsprechenden Nervengebilde oder werden wenigstens durch die Kräfte derselben zu harmonischen Wirkungen geschickt gemacht. Es entstehen auf diese Art sowohl in dem centralen wie in dem peripherischen Nervensysteme einzelne Gruppen, welche aus einer symmetrischen Vertheilung bestimmter wirksamer Nervengebilde hervorgehen. Hierher gehört z. B. die Thatsache, daß sich nur sensible Fasern in den hinteren und bloß motorische in den vorderen Rückenmarkswurzeln so wie solche mit bestimm-

ter specifischer Sensualitätsempfindung in den N. N. olfactoriis, opticis, acusticis ansammeln, daß die linke Seitenhälfte des großen oder kleinen Gehirns relativ die bedeutendste Menge von Primitivfasern der rechten Körperhälfte aufnimmt u. dgl. mehr.

1306 So verschieden aber auch die äußeren Formen der einzelnen Parthieen des Nervensystemes sein mögen, so reduciren sich doch immer die in ihm vorkommenden wesentlichen Elemente auf zwei Hauptgewebetheile. Das freie Auge unterscheidet sie im Allgemeinen als weiße und gefärbte Substanz im centralen und als Nerven- und Gangliengebilde im peripherischen Nervensysteme. Das Mikroskop sondert sie genauer und gründlicher in Nervenprimitivfasern und Nervenkörper oder Ganglien- oder Belegungskugeln. Während jene einförmiger sind und sich höchstens durch ihre queren Durchmesser und ihre äußeren Umhüllungsbildungen von einander unterscheiden, sonst dagegen überall dieselbe Einfachheit und die gleiche Beschaffenheit ihres Inhaltes darbieten, zeigen die Nervenkörper nicht bloß in Betreff ihrer Größe, sondern auch ihrer Gestalt, Consistenz und der constituirenden Elemente die wesentlichsten Differenzen, so daß sie unzweifelhaft bei fortschreitendem Studium in eine Reihe verschiedener Klassen werden gesondert werden müssen. Diese größere Mannichfaltigkeit der materiellen Verhältnisse deutet auch auf eine bedeutendere Variation der Kräfte hin, und in der That läßt sich auch in dieser Beziehung nach den gegenwärtig vorliegenden Erfahrungen der Nervenphysiologie eine Ansicht aufstellen, welche wenigstens im Allgemeinen den eben erwähnten Verhältnissen entspricht.

1307 Wenn z. B. eine Hautstelle gereizt wird, so muß sich das Irritament, oder ein durch dasselbe erzeugtes Aequivalent mittelst der entsprechenden sensiblen Fasern bis zum Gehirn fortpflanzen, sobald die Einwirkung empfunden werden soll. Will ich einen Muskel bewegen, so wird es zur unerläßlichen Vorbedingung, daß der Impuls meines Geistes oder die Wirkung desselben die motorische Faser von dem centralen Nervensysteme aus durchströmt und auf diese Art zu dem peripherischen, in dem Muskel enthaltenen Nervenende gelangt. Fehlt das Gehirn oder selbst nur die graue Substanz, welche die Großhirnhemisphären bekleidet, so ist weder das Eine noch das Andere möglich. Wenn ein sensibler Reiz, z. B. des Kitzels, Bewegungen hervorruft, so kann dieser bloß, wie wir in der Folge sehen werden, bei Integrität der entsprechenden Belegungskugeln des Gehirns oder Rückenmarkes Statt finden. Halten wir uns nur an diese Thatsachen, so können wir annehmen, daß die Nervenkörper vorzüglich des centralen Nervensystemes die Erreger der verschiedenartigen Empfindungen und Thätigkeiten, die Primitivfasern dagegen die bloßen Leiter der hierbei in Bewegung kommenden Agentien sind. Jene bieten daher auch als Gebilde, denen mannichfachere Functionen obliegen, weit größere Structurverschiedenheiten als diese dar. Die gleichförmige Beschaffenheit des Nerveninhaltes hat aber offenbar die vollkommen homogene und ununterbrochene Leitung zum Zweck.

So richtig auch diese Auffassung der Nervenprimitivfasern als bloßer Conductoren in Betreff der selbstbewußten Thätigkeiten und der Uebertra-

gung der Wirksamkeit einer Primitivfaser auf die einer heterogenen ist, so wenig läßt sich jener Satz durchführen, wenn man sich bloß an die einzelnen Energieen der Nervenfasern allein hält. Haben wir z. B. den Hüftnerven eines Thieres vor einigen Tagen durchschnitten, so ist natürlich hierdurch die Verbindung mit den entsprechenden centralen Nervenkörpern unterbrochen. Das Thier wird daher, so lange keine Wiedererzeugung Statt findet, nach den §. 583 erläuterten Gesetzen außer Stande sein, die correspondirenden Muskeln willkürlich zusammenzuziehen. Reizen wir aber das peripherische Stück des Nerven, so erfolgt nicht nur eine Contraction, sondern die Kraft der gelähmten Muskeln kann bei dem Frosche selbst beinahe vier Tage nach der Operation, wie schon oben S. 191 angegeben worden, fast die gleiche Lastwirkung wie die der symmetrischen gesunden Theile entwickeln. Unter diesen Verhältnissen bleiben nur zwei Vorstellungen möglich. Entweder behalten die Nervenprimitivfasern, selbst wenn sie von ihren Nervenkörpern getrennt sind, ihre Ladung eine Zeit lang bei. Oder sie selbst können in ihrem isolirten Zustande so viel Nervenagens anhäufen, daß sie die Muskeln zu entsprechenden Reactionen nach jedem gehörig stark einwirkenden Reize veranlassen. Der Umstand, daß Uebung in der Zusammenziehung der entsprechenden Muskelgebilde die Kraft der durchschnittenen Nervenfasern länger andauern läßt (§. 665), scheint eher für, als gegen eine solche selbstständige Thätigkeit der nervösen Fasern zu zeugen.

Wir können aber beiderlei Thatsachen durch eine einfache Hypothese unter Einem Gesichtspunkte ohne Widerspruch verbinden. Wenn eine Primitivfaser eine Leitung vermittelt, so muß in ihr eine Fortpflanzung irgend einer Wirkung Statt finden. Schon die Alten bezeichneten dieses mit dem Namen der Circulation der Nervengeister oder der Nervenkraft. In neuerer Zeit belegte man es, durch die Analogie mit dem Lichte geleitet, mit der Benennung der Oscillationen des Nervenäthers. Nehmen wir nun an, daß diese Schwingungen durch die Natur der Nervensubstanz selbst bedingt werden, so wird ihre Existenz an die Integrität der letzteren gebunden sein. Ist daher auch eine Nervenfaser durchschnitten, so muß ihr peripherischer Theil, so lange sein Inhalt unverändert bleibt, jeden Reiz durch Nervenätheroscillationen beantworten. In der That werden wir auch in der Folge sehen, daß das Aufhören der Reizbarkeit getrennter Nervenstücke mit einer materiellen Desorganisation verbunden ist. Diese Nervenätheroscillationen aber, welche sich bis zu dem peripherischen oder dem centralen Ende der Primitivfaser fortpflanzen, sind an und für sich noch keine specielle Energie, noch keine Empfindung oder Bewegung. Sie wirken vielmehr nur als Reiz, welcher die eigenthümlichen Thätigkeiten der ihnen entsprechenden Endgebilde hervorruft. Stoßen sie daher den anatomischen Verhältnissen ihrer Fasern entsprechend, sobald sie in centrifugaler Richtung fortgehen, auf Muskelfasern, so werden diese zur Zusammenziehung angeregt. Treffen sie dagegen, wenn sie in centripetalem Gange vorwärts schreiten, ihre entsprechenden Nervenkörper im Gehirn, so wird je nach Verschiedenheit der Theile eine sensuelle oder sensible

Auffassung bedingt. Wenn daher nach der Entfernung der grauen Substanz der Großhirnhemisphären die Empfindung und das Selbstbewußtsein mangeln, so ist dieses nur das Gleiche, wie wenn eine motorische Faser nach Zerstörung der Muskeln keine Zusammenziehung mehr bedingt. Die correspondirenden Nervenkörper verhalten sich daher wie die peripherischen Organe. Beide specialisiren erst nach ihren individuellen Verhältnissen die Wirkungen der Nervenätheroscillationen, welche sich bis zu ihnen fortpflanzen.

Halten wir aber diese Anschanung fest, so erklärt sich leicht, weshalb die sensibeln und motorischen Nervenfasern keine wesentlichen Unterschiede ihres Baues darbieten. Denn daß in jenen mehr schmale, in diesen breitere Durchmesser vorherrschen, vermag, wenn es selbst als sicher angenommen werden könnte, keine Grunddifferenz zu bedingen. Wenn aber die Nervenätheroscillationen selbst erst durch ihre peripherischen Anfangs- oder Endtheile individualisirte Thätigkeiten der Empfindung oder Bewegung hervorrufen, so muß der Nerveninhalt der gleiche bleiben, ungefähr wie dieselben als Elektroden dienenden Kupferdrähte aus Wasser, Sauerstoff und Wasserstoff, aus einer Salzlösung dagegen Säure und Alkali frei machen. Die einzelnen Energieen selbst kämen nur den peripherischen Anfangs- oder Endgebilden zu, und auf diese Weise könnte z. B. die Contractilität eine inhärente Eigenschaft der Muskelfasern sein, während nur die Aetherschwingungen der motorischen Nerven gleich jedem anderen Reize auf sie einwirkten (§. 665).

Diese Hypothese liefert uns aber eine neue Analogie zwischen dem Blutgefäß- und dem Nervensysteme. Das Blut bildet die allgemeine Mutterlauge der Ernährungsflüssigkeit und jedes einzelne Gewebe zieht aus ihr die seinen materiellen Verhältnissen entsprechenden Stoffe an. Die letzte Auswahl wird mithin durch die Elemente der Organe selbst bedingt. Auf gleiche Weise würden die Nervenätheroscillationen den allgemeinen Reiz abgeben, dessen Specialisirung zu einzelnen bestimmten Energieen dagegen den correspondirenden peripherischen Anfangs- oder Endtheilen überlassen bleibt.

1308 Die Natur des in den Nervenfasern während ihrer Leitungsthätigkeit strömenden Principes oder der Oscillationen, welche unter diesen Verhältnissen zu Stande kommen, ist uns noch völlig unbekannt. Zahlreiche Forscher älterer und neuerer Zeit bemühten sich, die Hypothese, daß das Nervenfluidum mit dem elektrischen identisch sei, zu erhärten. Allein alle solche Versuche und Beobachtungen fallen vor einer irgend genauen Kritik. Schon eine einfache längst bekannte Thatsache kann uns deutlich zeigen, daß der Nervenäther und die Elektricität verschiedene Agentien sein müssen. Wäre dieses nicht der Fall, so müßte ein elektrischer Strom unter allen Verhältnissen das Nervenfluidum verstärken, wo nicht ersetzen können und mithin Nerventhätigkeit anregen. Dieses findet jedoch nicht Statt. Die Reizbarkeit wird durch zu rasch auf einander folgende elektrische Auregungen ohne besonders wahrnehmbare materielle oder chemische Veränderungen des Nerveninhaltes erschöpft. Ja das schon §. 651 erläuterte Gesetz der

voltaischen Alternative zeigt uns deutlich, daß es nur die Stromesrichtung ist, welche die Lähmung bedingt.

Die Verhältnisse der elektrischen Fische beweisen denselben Satz auf einem anderen Wege. Der Schlagapparat des Zitterrochens besteht aus einer bedeutenden Menge von polygonalen Säulen, welche durch faserige Scheidewände von einander getrennt werden. Jede von ihnen enthält eine Menge querer, durch eine eiweißartige Flüssigkeit gesonderter Platten, und in diesen verbreiten sich die Endnetze der elektrischen Nerven, durch deren Thätigkeit die Entladung der elektrischen Batterie zu Stande kommt. Sie liegen horizontal, so daß auch die Nervenströmung wagerecht von einer Seite zur andern oder von vorn nach hinten verläuft. Der elektrische Strom dagegen geht, wie Versuche gelehrt haben, von dem Rücken nach dem Bauche, d. h. so daß er die Nervenströmung senkrecht durchschneidet. Bei dem Zitteraale stehen die Platten der Schlagorgane perpendiculär, während die Säulen selbst horizontal liegen. Hier verläuft dann auch der elektrische Strom diesen Verhältnissen entsprechend von dem Kopfe nach dem Schwanze, d. h. wiederum so, daß er sich mit der Nervenströmung rechtwinklig kreuzt. Schon diese Verschiedenheit zeigt deutlich, daß nicht beide Agentien dasselbe sein können. Hätte eine solche Identität Statt gefunden, so wäre die Natur nicht genöthigt gewesen, besondere elektrische Apparate bei den genannten Fischen herzustellen, sondern würde schon durch eine bloße Vervielfältigung der Nervenströmungen ihren Zweck erlangt haben.

So weit die bisher bekannten Erfahrungen reichen, vermag die in Cirkulation befindliche Elektricität die Bewegung des Nervenfluidums anzuregen, während bis jetzt noch nicht das Umgekehrte, wenn man die elektrischen Fische ausnimmt, dargethan werden konnte. Dieser Umstand berechtigt uns daher selbst nicht, als gewiß, sondern höchstens vermuthungsweise anzunehmen, daß das Nervenfluidum und die Elektricität in demselben Verhältnisse, wie Elektricität und Magnetismus zu einander stehen. Denn die sensiblen und motorischen Erscheinungen, welche durch die Einleitung elektrischer Ströme bedingt werden, können auch dadurch zu Stande kommen, daß die letzteren chemische Minimalveränderungen des Nerveninhaltes veranlassen oder überhaupt als Reize wirken. (Vgl. §. 116.)

Die vorzüglichsten Täuschungen, welche zu den angeblichen Identitätsbeweisen der Elektricität und des Nervenfluidums Veranlassung gaben, lassen sich auf folgende Punkte reduciren. 1) Man bemerkte, daß sehr feine Fäden von der Substanz des Gehirns oder Rückenmarkes oder selbst der Nerven angezogen werden und sich gleichzeitig krümmen (Jobert, Lembert). Allein diese ganze Sache reducirt sich auf eine hygroskopische Erscheinung, die auch an anderen bloßgelegten Organen wiederkehrt. 2) Man legte die beiden Drähte eines Galvanometers an Nerv und Muskel oder an den Nerven allein und bemerkte nun, wie sich von selbst versteht, Abweichungen der Magnetnadel, weil eine Berührung verschiedener Substanzen und mithin eine chemisch-elektrische Spannung Statt fand. Sind die beiden Elektroden im Nerven unbeweglich befestigt, so bleibt die Nadel, wenn sie einmal still gestanden, ruhig, es mag eine Nervenätheroscillation erregt werden oder nicht. Höchstens erhält man an sehr empfindlichen Instrumenten Minimalabweichungen von 1°, welche durch die geringsten Verrückungen oder anderweitige unabweisliche Störungen veranlaßt werden können. Diese Resultate ändern sich nicht, es mögen die Elektroden den Primitivfasern parallel liegen oder sie unter rechten Winkeln durch-

schneiden. 3) Sticht man eine feine Stahlnadel in einen Muskel und umgiebt sie mit leichten Eisenfeilspähnen, so sollen sich diese wie durch den Einfluß eines Magneten ordnen, sobald eine Zuckung Statt findet (Prevost). Ein solches Ergebniß hat sich aber bei späteren wiederholten Versuchen nicht dargestellt. In dieselbe Kategorie gehört die in neuester Zeit (von Thilorier)[1]) gemachte Angabe, daß ein Stab weichen Eisens magnetisch werde, wenn man ihn auf die Stirn, die Magengegend oder die Hand aufstellt und nun eine kräftige Willensregung hervorruft. Ohne die letztere dagegen soll keine Wirkung erfolgen. Eben so wenig beweist, daß der Magnet eines Gaußischen Apparates durch die Contraction eines in seiner Nähe befindlichen Armmuskels in Bewegung geräth. Ueber alle diese negativen Erfahrungen siehe R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 299—309. Vergl. auch F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertèbrés. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 120—144. und C. Matteucci Traité des Phénomènes electro-physiologiques des animaux suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et l'organe electrique de la Torpille par Paul Savi. Paris, 1844. 8. p. 252—64.

Die von italienischen Physikern in die Wissenschaft eingeführten Ausdrücke des Muskelstromes und des eigenthümlichen Stromes des Frosches können endlich noch leicht zu den Vermuthungen Veranlassung geben, daß man es hier mit Lebenserscheinungen, die mit den Thätigkeiten des Nervensystemes in Verbindung stehen, zu thun habe. Allein alle Verhältnisse dieser Phänomene zeigen aufs Klarste, daß die Ursachen derselben chemisch-elektrische Wirkungen sind, auf welche die Nervenfunctionen nicht den geringsten directen Einfluß ausüben.

Wird nämlich das Innere eines Muskels mit der Außenfläche desselben durch einen Leiter in Verbindung gesetzt, so entsteht ein galvanischer Strom, ein sogenannter Muskelstrom, der von dem Innern nach der Außenseite verläuft (Matteucci)[2]) und sich sowohl am Galvanometer, als durch seine physiologischen und chemischen Wirkungen zu erkennen giebt. Um sich z. B. hiervon sogleich zu überzeugen, bringe man einen ganz frischen reizbaren Froschschenkel in eine Glasröhre, so daß der Nerve heraushängt, und lege den letzteren an die bloße Außenfläche eines Muskels. Man erhält dann gar keine oder schwächere Zuckungen als wenn der Nerve zum Theil die äußere Oberfläche und zum Theil den Querschnitt oder die Sehne des Muskels berührt. Der elektrische Gegensatz, welcher diesen Erscheinungen zum Grunde liegt, findet zwischen der Außenfläche des Muskels und den Innengebilden desselben Statt, — ein Gesetz, welches sich sogar auf jede einzelne Muskelfaser ausdehnt, so daß die Verbindung ihrer Oberfläche mit ihren Schnittflächen schwache elektrische Spannungen bedingt. Aehnlich verhalten sich auch in dieser Beziehung die Peripherie und das Innere oder der Querschnitt der Nerven. Die Sehnen zeigen zu den Außenflächen der Muskeln den gleichen Gegensatz, wie das Innere derselben zu ihnen (du Bois-Reymond)[3]). Daß diese Erscheinungen in keiner directen Weise von den lebenden Thätigkeiten des Nerven abhängen, beweist ihre Unveränderlichkeit nach Zerstörung aller Nervenstämmchen, welche in einen Muskel eintreten und selbst ihre Permanenz in einzelnen Muskelfaserbündeln, die keine Nervenfasern mehr unter dem Mikroskope darbieten[4]).

Der Muskelstrom verschwindet einige Zeit nach dem Tode und kann dann nicht mehr in seiner beständigen Weise durch Befeuchtung mit Wasser hervorgerufen werden. Höhere Thiere, wie Kaninchen und Vögel, verlieren ihn eher als Frösche[5]). Nur bei diesen, nicht aber bei jenen wird er durch anhaltende Kälte herabgesetzt[6]). Erschlaffung, schlechte Constitution des Thieres, tetanische Krämpfe oder die Todtenstarre vermindern ihn oder heben ihn gänzlich auf. Er verändert sich durch narkotische Gifte auf keine wesentliche Art[7]), erhöht sich dagegen in Sauerstoff oder durch die Berührung der At-

---

[1]) L'Institut 1844. Nro. 547. p. 211. [2]) a. a. O. p. 51.

[3]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LVIII. Leipzig, 1843. 8. S. 1—30.

[4]) Matteucci a. a. O. p. 78. du Bois-Reymond a. a. O. S. 5.

[5]) Matteucci a. a. O. p. 71. [6]) Ebendaselbst p. 75.

[7]) Ebendaselbst p. 78—82.

mosphäre und verliert sich schnell durch Schwefelwasserstoff. Alle diese Thatsachen scheinen darauf hinzudeuten, daß hierbei eine Oxydation der lebenden oder reizbaren Muskelsubstanz eine Rolle spiele [1].

Taucht man ein Froschpräparat mit seinen beiden Enden in zwei Gläser ein und verbindet sie mit dem Galvanometer, so erhält man häufig, jedoch keineswegs immer [2]) einen Strom, der centripetal, d. h. von den Füßen nach dem Kopfe geht und den man mit dem Namen des eigenthümlichen Stromes des Frosches bezeichnet. Alle seine Eigenschaften stimmen mit denen des eben erwähnten Muskelstromes überein. Er verstärkt sich durch Entfernung der Haut und den auf diese Weise verursachten bedeutenderen Contact der Atmosphäre, bleibt dann noch größer, wenn man wieder die Haut über die Muskeln gezogen hat [3]) und ist auch vom Nervensysteme total unabhängig. Ja sogar die Nerven bewähren sich auch an ihm als keine Leiter bester Art und können noch durch ihr geringes Volumen den Uebergang des Stromes schwächen [4]). Alle diese Thatsachen haben daher ein mehr physikalisches Interesse und sind nicht im Stande, Einfluß auf die Physiologie des Nervensystemes zu gewinnen, viel weniger als Basis von Identitätsvorstellungen des Nervenagens und der Electricität gebraucht zu werden.

Die allgemeinen Gesetze der Nervenwirkung kehren zwar in dem peripherischen, wie in dem centralen Nervensysteme in vielfacher Beziehung auf gleiche Weise wieder. Allein die größere Mannichfaltigkeit der Elemente und Kräfte des Gehirnes und Rückenmarkes ruft eine Reihe von wesentlichen Eigenthümlichkeiten hervor, welche dem peripherischen Nervensysteme nicht zukommen. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßiger, zuvörderst das Letztere seinen allgemeinen und speciellen Thätigkeiten nach vollständig abzuhandeln, ehe wir zu dem ersten und wichtigsten unserer Köperorgane, dem centralen Nervensysteme, übergehen. 1309

A. Peripherisches Nervensystem.

Allgemeine Eigenschaften des Nervensystems. — Jede peripherische Primitivfaser leitet ihren Reiz, so lange sie nur in dem peripherischen Nerven verläuft, durchaus isolirt und trägt ihn weder auf eine benachbarte, noch auf eine entfernte Faser gleichartiger oder heterogener Natur über. Die Richtigkeit dieses Grundgesetzes ergiebt sich für die sensuellen und die sensiblen Fasern aus einer einfachen theoretischen Betrachtung. Gesetzt, ab und cd seien zwei centripetale Nervenfasern und ein Reiz, der an dem peripherischen Ende b der Faser ab entsteht, würde nicht bloß von b nach a fortgeführt, sondern theilte sich auch an irgend einem Punkte e der Faser dc mit, so daß er in ec fortginge, so wären nur zweierlei Fälle möglich. Entweder spränge das ganze Quantum des Reizes bei e nach dc über, so daß es in ec weiter verliefe und bei c allein eine entsprechende Empfindung veranlaßte. Dann müßte diese natürlich bei d und nicht bei 1310

[1]) Matteucci p. 123—129. du Bois-Reymond S. 22.

[2]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 288.

[3]) du Bois-Reymond a. a. O. S. 14. 15.

[4]) Matteucci a. a. O. p. 114.

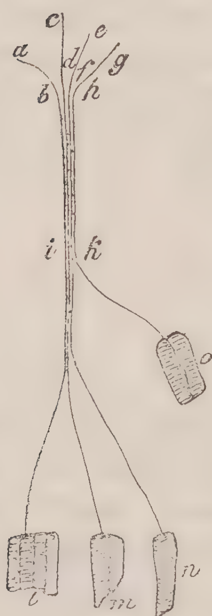
Fig. 198.



b wahrgenommen werden. Oder ein Theil des Irritamentes geht in ea, ein anderer in ec fort. Unter dieser Voraussetzung würde eine Perception in b und in d entstehen. In beiden Fällen wäre eine richtige isolirte Auffassung des bei b Statt findenden Eingriffes unmöglich. Die pünktliche Wahrnehmung der Oertlichkeit der sensuellen oder sensiblen Eindrücke setzt daher schon nothwendig eine gesonderte Fortführung der Aequivalente der Reize längs der afficirten Nervenfaser voraus. Die anatomische und physiologische Isolation derselben erscheint mithin schon in dieser Beziehung als eine durch die Vollkommenheit unseres Organismus geforderte Einrichtung.

1311 Das Gleiche läßt sich für die motorischen Nerven durch directe Versuche beweisen. Gesetzt, wir hätten einen größeren Nervenstamm, z. B. den Hüftnerven des Frosches oder eines Hundes, durchschnitten und den obersten Theil seines peripherischen Stückes in eine Reihe möglichst feiner Bündel ab, cd, ef und gh zerfasert, so wird die mechanische Reizung eines jeden von ihnen, wenn sie einen positiven Erfolg hat, nur sehr begrenzte Zuckungen der entsprechenden Muskelparthieen veranlassen. Obgleich sie noch alle in dem Nervenstücke bhki neben einander liegen, so wirkt doch nur ab auf l, cd auf m, ef auf n und gh auf o, d. h. ihre Vereinigung in bhki hindert nicht die isolirte Leitung des Reizes nach den entsprechenden peripherischen Gebilden. Man kann sich von der Richtigkeit dieser Thatsache an jedem Hirn- oder Rückenmarksnerven, der sich zu quergestreiften, willkürlich beweglichen Muskeln begiebt, nachdem man diese vorher entblößt hat, leicht überzeugen.

Fig. 199.



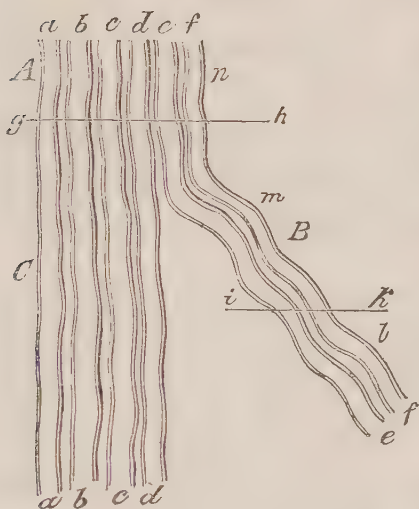
Die Nothwendigkeit der gesonderten Wirksamkeit der motorischen Fasern ergiebt sich ebenfalls schon theoretisch von selbst. Fände sie nicht Statt, so müßte auch der Willenseinfluß auf einzelne Muskelparthieen unseres Körpers aufhören. Denn Reizung einer Faser ab könnte leicht l, m, n, o zur Thätigkeit anregen. Wie unzweckmäßig aber ein solches Verhältniß wäre, wie sehr es die feine Berechnung der so vielfachen Apparate unseres Organismus beeinträchtigen würde, bedarf keiner näheren Erläuterung.

1312 Die möglichst vollständige Lokalisation der sensuellen oder sensiblen Empfindungen und des Einflusses des Willens auf die bewegenden Werkzeuge des Körpers setzt mithin eine Isolirtheit der Leitung bis zu dem Gehirn voraus und schließt daher jede störende Mittheilung an andere Nervenfasern aus. Wie wir aber in der Folge sehen werden, ist eine solche unter mannichfachen Verhältnissen durch Vermittlung des centralen Nervensystemes, nicht aber in dem Bereiche der peripherischen Nerven möglich. Eine Uebertragung der Art heißt dann mit dem Kunstausdrucke

ein Reflex. Wir können daher auch das zuerst betrachtete Grundgesetz dahin formuliren, daß die Norm der isolirten Leitung in allen Fällen die Thätigkeiten der peripherischen Nerven ausschließlich beherrscht, sich auch oft längs des ganzen centralen Nervensystemes erstreckt, hier dagegen nicht selten durch die eingreifende Reflexthätigkeit aufgehoben oder wesentlich modificirt wird.

Gehen wir aber von dem allgemein anatomischen Lehrsatze aus, daß 1313
alle Verzweigungen, Anastomosen und Geflechtbildungen der Nerven ihrer Wesenheit nach nur scheinbar sind, daß hierbei keine wahre Spaltung oder Verbindung, wie bei den Blutgefäßen, sondern bloß ein gegenseitiger Zutritt oder Abgang von unverästelten, continuirlich fortlaufenden Primitivfasern Statt findet, so können wir den Einfluß dieser Verhältnisse auf die Wirkungen der Nervenfasern nach dem eben geschilderten Gesetze leicht beurtheilen. Gesetzt, A sei ein Nervenstamm, der aus den Primitivfasern a b c d e f besteht und gebe später den Zweig B mit den Fasern e f ab, während seine Hauptfortsetzung die Elemente a b c d beibehält, so wird eine Verletzung, welche z. B. A in g h trifft, die Leitung von B und C aufheben. Sowohl centripetale sensuelle oder sensible, als centrifugale motorische Reize finden an der Unterbrechungsstelle g h ein unübersteigliches Hinderniß ihrer Fortpflanzung. Oder allgemein ausgedrückt: jede Verletzung eines Hauptstammes eines Nerven, welche die sämmtlichen Primitivfasern desselben in ihrer Continuität stört, lähmt auch alle untergeordneten Verzweigungen, deren Fasern an der Verletzungsstelle getroffen werden, sie mögen, welche Thätigkeit sie wollen, besitzen. Wenn wir z. B. den sensiblen N. infraorbitalis unmittelbar nach seinem Austritte aus dem Unteraugenhöhlenloche durchschneiden, so werden alle Stellen der Gesichtshaut, die von ihm versorgt werden, nämlich Parthieen der Haut des unteren Augenlides, der äußeren Nase, der Oberlippe und der Wange derselben Seite unempfindlich. Eben so lähmt die Durchschneidung des motorischen Facialis die sämmtlichen von seinen Zweigen versehenen Muskeln des Gesichts.

Fig. 200.



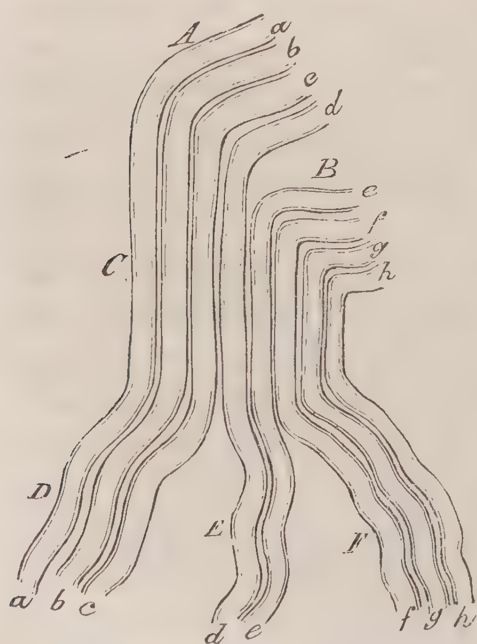
Trifft dagegen die Zerstörung nur den Ast B in dem Niveau i k z. B., so wird sie die Fasern a b c d e gar nicht afficiren. Der Stamm A enthält dann nur die dem Zweige B entsprechenden unthätigen, sonst dagegen noch vollkommen normal functionirende Primitivfasern. Die untergeordneten Verhältnisse müssen sich aber in diesem Falle, je nachdem der Nerv centripetal oder centrifugal leitet, verschieden gestalten. Sind e und f sensibel, so wird ein Reiz, der sie in l trifft, keine bewußte Empfindung veranlassen, weil bei i k eine Unterbrechung Statt findet. Wenn er sie dagegen in m angreift, so muß der Schmerz eben so gut als wenn sich

noch e und f in vollkommener Integrität befänden, zur Empfindung gelangen. Eben so wird eine Einwirkung, welche den Nerven A im Ganzen trifft, dieselben Folgen nach sich ziehen, als sei bei ik keine Verletzung angebracht worden, weil natürlich die Leitung des Reizes von m nach den Centraltheilen durch ik nicht mehr afficirt wird. Gesetzt, wir hätten die empfindenden Oberlippenzweige des Unteraugenhöhlennerven durchschnitten, so wird jede Affection desselben bei seinem Austritte aus dem Foramen infraorbitale noch eben so schmerzhaft als im gesunden Zustande sein, während die entsprechende Oberlippe selbst unempfindlich und die Reizung des peripherischen Endes der Oberlippenäste von keiner Wahrnehmung begleitet ist.

Sind aber abcdef motorische Primitivfasern, so wird jedes bei n angebrachte hinreichend starke Irritament nur diejenigen Muskeln, welche abcd, nicht aber die, die ef entsprechen, in Bewegung setzen. Der Hauptstamm A ist also in dieser Hinsicht durch die in ik eingeleitete Verletzung um die Primitivfasern ef gebracht worden. Wurde z. B. einer der Backenlippennerven des motorischen Facialis durchschnitten, so ist kein Reiz, welcher den Antlitznerven an seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum trifft, im Stande, Bewegungen der entsprechenden Gesichtsmuskeln anzuregen. Sie kommen höchstens unbewußt und unwillkürlich zu Stande, wenn man die peripherische Parthie des getrennten Backenlippenastes afficirt.

Hieraus ergiebt sich von selbst, daß sich die Verhältnisse gemischter Nerven in dieser Beziehung verwickelter gestalten müssen. Gesetzt, ace Fig. 200 seien sensibel und bdf motorisch, so werden sowohl A als B und C einen gemischten Charakter an sich tragen. Ist nun B in der Höhe ik durchschnitten worden, so muß ein bei n einwirkender Reiz dieselbe Intensität des Schmerzes, wie wenn gar keine Verletzung Statt gefunden, hervorrufen. Dagegen wird die motorische Reaction geringer ausfallen, weil die Primitivfaser f den Reiz nicht mehr beantworten kann. Ist z. B. der N. peroneus eines Menschen aus irgend einem Grunde gelähmt worden, so ist jede Affection des N. ischiadicus noch eben so qualvoll, wie im Normalzustande, obgleich der Gastrocnemius, Soleus, die Extensores quattuor digitorum et hallucis longus und brevis, der Tibialis posticus, Flexor digitorum communis, Flexor hallucis longus, Plantaris u. s. w. keine Bewegung bei dieser Gelegenheit vornehmen können.

Fig. 201.



1314 Jeder größere oder kleinere Nerv kann seinen Charakter durch Aufnahme oder Abgabe von Primitivfasern auf eine wesentliche Weise verändern. Sind z. B. abcd sensibel und efgh motorisch, so muß der

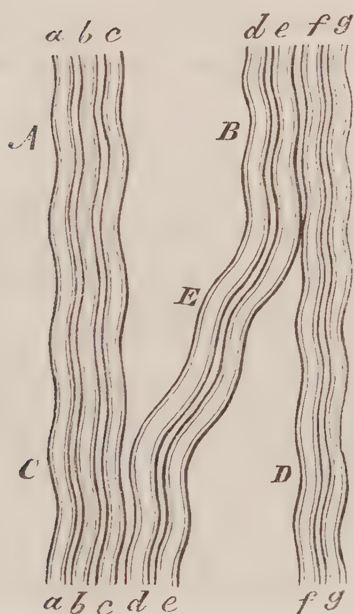
Nervenstamm C, welcher A und B als Wurzeltheile besitzt, einen gemischten Charakter an sich tragen. Dagegen wird von seinen drei Aesten D rein sensibel, F einzig und allein motorisch und E gemischt erscheinen. Es können daher gemischte Nerven, indem sie z. B. alle ihre sensiblen Fasern in einer Zweigbildung austreten lassen, rein motorisch oder umgekehrt werden.

Wird nun der Wurzeltheil A durchschnitten, so verliert der Stamm C nur seine empfindenden oder nach der bloßen Trennung von B einzig und allein seine bewegenden Eigenschaften. Der erstere Eingriff lähmt nur den Zweig D gänzlich und E theilweise, während F unverändert bleibt. Bei der Durchschneidung von B dagegen betheiligt sich nur F vollkommen, E unvollständig und D gar nicht. Wir werden z. B. bei den Specialthätigkeiten der peripherischen Nerven kennen lernen, daß die kleinere Portion des dreigetheilten Nerven motorisch, der Antheil der größeren hingegen, welcher mit ihr den dritten Ast des Trigeminus zusammensetzen hilft, sensibel ist. Der Ramus tertius N. trigemini wird auf diese Art gemischt. Allein seine Aeste trennen wiederum diese Verbindung der Primitivfasern. Die R. R. temporales, pterygoidei und der masetericus nehmen bewegende, der R. temporalis superficialis, lingualis und alveolaris sensible und einzelne Zweige, wie z. B. der R. mylohyoideus beiderlei Arten von Nervenelementen in sich auf.

Unter diesen Verhältnissen aber müssen die Thätigkeiten der ersten Ausgangspunkte des peripherischen Nervensystemes, nämlich der Wurzeln der Gehirn- und Rückenmarksnerven eine besondere Wichtigkeit erhalten. Denn an sie lehnen sich gleichsam die Functionen der übrigen Nerven, je nachdem sie von dem einen oder dem anderen Wurzelgebilde Primitivfasern empfangen, an.

Die einfachen und wechselseitigen Anastomosen, so wie die Geflechte 1315
bedingen ebenfalls mehrere Eigenthümlichkeiten der Nervenwirkungen und machen die ferneren Verzweigungen ihrer Aeste bis zu einem gewissen Grade von den ursprünglichen Stämmen unabhängig. Gesetzt, der eine Nervenstamm A, der an und für sich aus den Primitivfasern abc, und ein zweiter B, der aus defg besteht, verbinden sich mit einander durch eine einfache Anastomose E, so besteht dieses darin, daß sich die Fasern de von B in E zu A begeben. Wird A durchschnitten, so afficirt dieses C theilweise und D gar nicht. Jede Verletzung von B dagegen wirkt auf D vollkommen, auf C dagegen unvollständig. Hätten A und B dieselbe sensible oder motorische Thätigkeit, so müßten auch C und D den gleichen Charakter behaupten. Wäre aber A sensibel und B motorisch, so würde C gemischt werden, D dagegen seinen rein motorischen Charakter beibehalten. Der Antlitznerv z. B. ist bei seinem Austritte aus dem Hirnknoten motorisch,

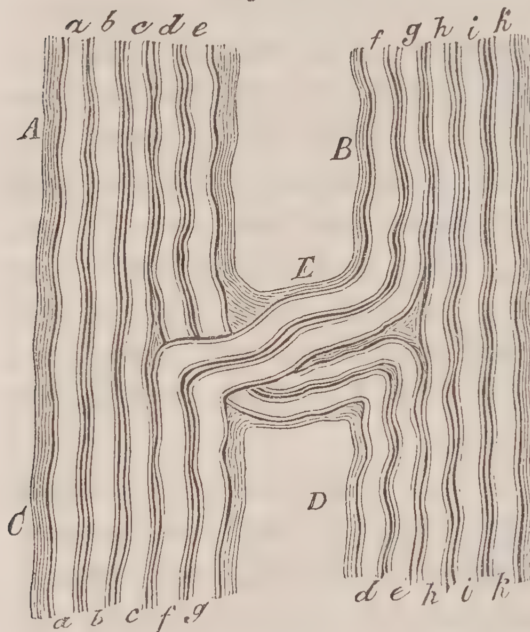
Fig. 202.



anastomosirt aber, bis er zu dem Foramen stylomastoideum herauskommt, sowohl mit Aesten des N. trigeminus als mit solchen des N. vagus und wird hierdurch in geringem Grade gemischt. Seine Lähmung in der Schädelhöhle ruft daher nur Paralysen von Bewegungen, diejenige dagegen, welche erst unter dem Ohre beginnt, noch einzelne locale Gefühlsstörungen überdies hervor.

1316 Während sich aber nur der eine Nerv bei der einseitigen Anastomose in seinem Charakter verändern kann, ist die wechselseitige im günstigsten Falle im Stande, auf beiderlei Stämme einzuwirken. Wenn z. B. A aus abcde und B aus fghik besteht und die wechselseitige Anastomose E durch den Austausch der Fasern de und fg zu Stande kommt, so muß die Durchschneidung von A oder von C den Stamm C, so wie den D theilweise afficiren. Jede Affection von C oder von D greift sowohl nach A als nach B rückwärts, so daß auf diese Weise ein einziger Nervenzweig eine mehrfache Wurzelbeziehung erhält. Aus diesen Gründen betheiligen sich z. B. alle Wurzeln der Nerven des Hüftgeflechtes sowohl bei dem N. cruralis als dem N. ischiadicus. Sind A und B rein sensible oder rein motorische Nerven, so müssen auch C und D diese Thätigkeiten wiederholen. Sie werden aber beide nothwendiger Weise gemischt sein, wenn A ein centripetaler und B ein centrifugaler Stamm ist, oder umgekehrt. Der N. infraorbitalis vermittelt z. B. die Empfindungen, der N. facialis die Bewegungen des größten Theiles des Gesichtes. Allein jeder irgend stärkere Ast der Nervengeflechte des Antlitzes erscheint gemischt, weil in ihm eine wechselseitige Anlagerung der Primitivfasern der beiden genannten Nerven Statt findet. Natürlicher Weise können die ferneren Verzweigungen dergestalt zerfallen, daß wiederum rein sensible oder rein motorische Aestchen resultiren oder die secundäre Mischung mehr oder minder beibehalten wird.

Fig. 203.



In den Geflechten vervielfältigt sich dieser gegenseitige Austausch der Primitivfasern verschiedener Nerven. Die offene Plexusbildung unterscheidet sich übrigens nicht in allen diesen Verhältnissen von derjenigen, deren Maschenräume durch Nervenkörper ausgefüllt sind und die wir dann mit dem Namen des gangliösen Plexus oder der Ganglien bezeichnen.

Versuche, welche die eben geschilderten Gesetze der isolirten Leitung anschaulich machen, lassen sich an jedem Thiere anstellen. Vorzüglich gut eignet sich der Frosch zu Beobachtungen der Art. Man enthauptet ihn und entfernt nach Zerstörung des Rückenmarkes alle Eingeweide und die Haut der beiden hinteren Extremitäten. Das auf diese Art freigelegte Hüftgeflecht besteht in der Regel aus 4 Nervenstämmen, dem N. inguinalis a, dem N. cruralis b, dem N. ischiadicus c und dem N. pudendus d. Reizt man a mechanisch oder chemisch, so zucken meistentheils nur der Iliacus, Pectineus, die Adductores

und Tensor fasciae latae. Nach der gleichen Einwirkung auf b ziehen sich vorzüglich die Oberschenkelmuskeln, besonders diejenigen, welche an der Außenseite gelegen sind, zusammen, während die Muskeln des Unterschenkels und vor Allem die der Hinterseite schwächere Convulsionen darbieten. Wird c angegriffen, so gerathen die Bewegungsorgane des Unterschenkels und des Fußes in lebhafte Thätigkeit, während endlich d auf keine bedeutendere Muskelmasse der Extremität wirkt. Ist a im Leben des Thieres verletzt worden, so wird dadurch die Anziehung des Hinterfußes an den Unterleib gestört. Die Trennung von b lähmt den Ober- und zum Theil den Unterschenkel in auffallendem Maaße. Allein erst die von a, b und c zugleich macht die ganze Extremität paralytisch. Diese und andere zahlreiche Versuche über verschiedene Geflechtverbindungen finden sich angegeben in J. van Deen de differentia et nexu inter Nervos vitae animalis et vitae organicae. Lugd. Batav. 1834. 8. p. 26 fgg. und H. Kronenberg Plexum nervorum structura et virtutes, disquisitionibus anatomicis, microscopicis et experimentis comprobatae. Berolini 1836. 8. p. 99 fgg.

Fig. 204.



Die isolirte Leitung der Primitivfasern spielt auch eine Hauptrolle in den meisten Nervenkrankheiten. Wir stoßen fast in jedem Falle, dessen Verhältnisse genau zu durchschauen sind, auf Anwendungen dieses Gesetzes. Wenn z. B. einem Menschen durch irgend eine Verletzung der R. frontalis N. trigemini durchschnitten worden, so geht hierdurch die Empfindlichkeit der Stirnhaut allein verloren. Die der Bindehaut, der Regenbogenhaut und aller anderen Theile, welche von dem ersten Aste des N. trigeminus versorgt werden, behalten ihre Sensibilität, weil ihre Aeste unabhängig von dem R. frontalis abgehen und solche locale Einwirkungen nur unter besonderen pathologischen Nebenbedingungen rückwärts greifen. Eine Zerstörung des N. facialis an dem Foramen stylomastoideum lähmt alle Gesichtsmuskeln, die einzelner Aeste des Gänsefußes dagegen nur einen entsprechenden Theil derselben. Drücken wir uns den N. ulnaris anhaltend, so schlafen nur der kleine, der Ring- und zum Theil der Mittelfinger ein.

Jede Paralyse eines ganzen Nervenstammes hat dieselben Wirkungen, wie wenn alle Aeste desselben unthätig gemacht wären, und umgekehrt veranlaßt bloß eine partielle Lähmung einzelner Nervenbündel desselben eine Störung der in ihnen enthaltenen Primitivfasern. Eine Geschwulst der Basis des Schädels, welche den ganzen N. oculomotorius unthätig macht, hebt auch den Willenseinfluß auf den Levator palpebrae superioris, den Rectus superior, internus und inferior, so wie den Obliquus inferior auf. Eine theilweise Affection des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven oder eine solche einer Parthie der Fortsetzungen derselben im Gehirn kann nur auf den Aufheber des oberen Augenlides wirken und Ptosis verursachen. Liegt die Ursache einer Lähmung des Nerven in einer Stelle, unterhalb welcher neue Primitivfasern eintreten, so bleiben diese unafficirt. Sind z. B. nur die hinteren Wurzeln der Nerven des Hüftgeflechtes zerstört, so leidet der entsprechende Schenkel an bloßer Empfindungslosigkeit, während seine Bewegung un-

gestört ist. Traf die Affection die Stämme des Plexus ischiadicus selbst, so gehen beide Thätigkeiten verloren. Bei gehörigem Studium der Nervenphysiologie bilden auf diese Weise die einzelnen Stellen, welche ihre Sensibilität oder Motilität eingebüßt haben, den Schlüssel zur Diagnose der Lähmungen von besonderen Abtheilungen des peripherischen Nervensystemes. Die näheren Belege hierfür werden wir noch in der Folge in mannigfachster Weise kennen lernen.

1317 Offenbar haben die Geflechte der Nerven, die wir an allen Stellen des Körpers antreffen, den Zweck, verschiedenartige und differenten Ursprungsstellen angehörende Primitivfasern mit einander zu combiniren und auf diese Weise Aeste herzustellen, welche einer ganzen Reihe von Wurzelursprüngen entsprechen. Aus diesem Grunde zeichnen sich auch die Nerven vieler Theile des Kopfes und des Halses und vorzüglich die der Brust-, der Bauch- und der Beckeneingeweide durch eine sehr reichliche Plexusformation aus, während diese Bildung in den Nerven der freien Theile des Rumpfes und der Extremitäten in weit beschränkterem Maaße in Anwendung gebracht ist. Bedenken wir jedoch, daß die feinste Nervenverbreitung in allen Organen in Endgeflechten besteht, und diese auch in der Netzhaut, dem Vorhofe, der Schnecke, der riechenden Parthieen der Nasenschleimhaut, mit einem Worte in sensuellen Theilen, die von einem und demselben specifischen Nervenstamme versorgt werden, vorkommen, so ergiebt sich von selbst, daß dieser vielfache Wechsel der Primitivfasern in den Verzweigungen der peripherischen Nerven noch andere uns bis jetzt völlig unbekannte Vortheile darbieten müsse.

1318 Nicht minder dunkel erscheinen die Verhältnisse der Endschlingen. Der gesonderte Verlauf und der Mangel aller Verästelungen an den Nervenprimitivfasern stimmt vollkommen mit dem Gesetze der isolirten Leitung überein. Allein es ließe sich ihm entsprechend auch ferner erwarten, daß jede einzelne Faser ohne weitere Verbindung mit einer anderen im Centrum anfange und eben so auch für sich in der Peripherie schließe. Die mikroskopische Untersuchung zeigt uns jedoch das Gegentheil hiervon. Wo sich bis jetzt die Endverbreitung der peripherischen Nerven im Innern empfindlicher oder bewegender Organe mit Sicherheit verfolgen ließ, schlossen die Primitivfasern mit Endgeflechten und Endschlingen, d. h. so, daß je zwei derselben bogenförmig in einander übergingen. Dieses Verhältniß wurde z. B. zum Theil in der Netzhaut und bestimmter in der Bindehaut, der Iris, dem Ciliarligamente, dem Vorhofe, der Schnecke, der äußeren Haut, der Schleimhaut der Zunge und der übrigen Mundhöhle, in einzelnen serösen Membranen, den Muskeln u. dgl. vorgefunden. Jede Art von Nerven, sensuelle sowohl als sensible und motorische haben mithin gewisse Repräsentanten, an welchen die Endschlingenbildung mikroskopisch nachgewiesen worden. Es fragt sich daher, welche Fasern auf diese Weise mit einander zusammengehen, und wie diese Erscheinung mit dem sonstigen isolirten Verhalten der Primitivfasern in Uebereinstimmung gebracht werden kann.

1319 Die Existenz der Endschlingen in der Netzhaut, dem Vorhofe und der Schnecke lassen keinen Zweifel übrig, daß hier gleichartige, d. h. sen-

suelle Fasern in einander übergehen. Was dagegen die sensiblen und motorischen Elemente betrifft, so wäre eben so gut ein ähnliches Verhalten als das entgegengesetzte denkbar. In dem letzteren Falle müßte sich daher je eine sensible mit einer motorischen Faser vereinigen. Allein eine genauere Betrachtung lehrt bald, daß jene erstere Ansicht mehr Wahrscheinlichkeit als diese für sich hat. Denn 1) nehmen wir an, ab und cd seien die beiden Primitivfasern und bc die Endumbiegungsschlinge derselben. Ist ab sensibel und cd motorisch, so wird ein Reiz, der auf bc einwirkt, in ba centripetal fortgeleitet und daher empfunden werden. Veranlaßt dagegen unser Wille Bewegungen, so kommt das Irritament in dc centrifugal herab, erregt die entsprechenden Muskeln zur Contraction und strömt durch ba wieder zurück, so daß auch eine Empfindung, ein Bewußtsein der vorgenommenen Veränderung entsteht. Wir hätten auf diese Weise in dem zweiten Falle eine vollständige, in dem ersteren dagegen eine unvollkommene Nervencirkulation. Schon diese Ungleichheit der Verhältnisse könnte uns wider eine solche Hypothese einnehmen. Ueberdies spricht aber auch das anatomische Verhalten ziemlich entschieden dagegen. Wir haben zahlreiche Endplexus und Endschlingen in sehr sensiblen Theilen, welche keiner bedeutenden Bewegung fähig sind. Schlagen wir z. B. die Contractilität der Fasern und der Gefäße des Zahnsäckchens so hoch als wir wollen an, so können wir doch nie annehmen, daß die Hälfte ihrer Nerven nur diesem und bloß die andere Hälfte sensiblen Zwecken diene. Mögen auch die Muskeln empfindlich sein, so läßt sich doch kaum voraussetzen, daß sich die in ihnen endenden Fasern in ihren sensiblen und motorischen Eigenschaften gleich theilen.

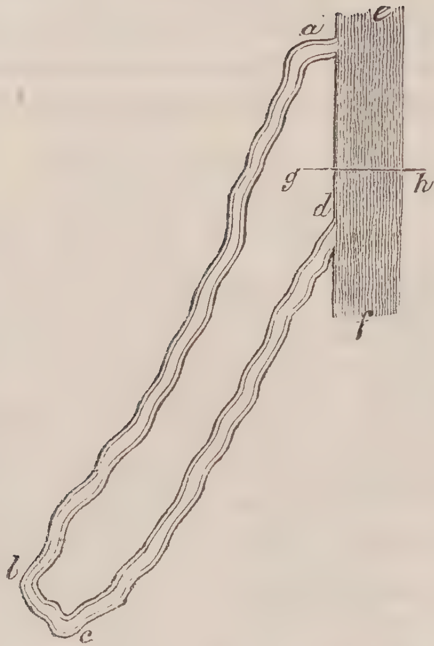
Fig. 205.



2) Setzt man voraus, daß die sich verbindenden Fasern ab und cd gleichartig, d. h. entweder sensibel oder motorisch sind, so fallen solche Widersprüche hinweg. Denn sind ab und cd sensibel, so wird jeder Reiz, der bc trifft, dem centralen Nervensysteme doppelt zugeführt. Dieses Verhältniß könnte möglicher Weise die Auffassung in ähnlicher Art, wie die Anschauung mit zwei Augen das Sehen, verstärken. Kommen dagegen die Oscillationen des Nervenäthers in der motorischen Faser ab oder dc herab, so erzeugen sie Zuckungen, während die rücklaufenden Primitivfasertheile cd oder ba keine fernere Wirkung veranlassen oder in dem Centrum eine gewisse Perception der vollbrachten Bewegung oder Nervenströmung möglich machten. So könnte dann das Zahnsäckchen rein sensible, der Muskel rein motorische Fasern erhalten.

Wäre dieses aber der Fall, so würden die in den Endschlingen verbundenen Fasern, wie es scheint, wenigstens meistentheils sehr nahe bei einander in das centrale Nervensystem einstreichen. Dieses Theorem versteht sich natürlich für die Elemente des Opticus oder Acusticus von selbst, läßt sich jedoch auch, wenn nicht noch andere ganz unbekannte Momente dazwischentreten, für die sensiblen und motorischen Fasern erhärten. Denn gesetzt, ab Fig. 206 käme um vieles höher als cd aus dem Rückenmark oder Ge-

Fig. 206.



hirn hervor, so könnte die Durchschneidung des letzteren in dem Niveau gh keine Störung der bewußten Empfindung oder der willkürlichen Bewegung zur Folge haben, weil jeder die Endschlinge bc treffende Reiz durch ba zum Gehirn gelangen oder umgekehrt verlaufen kann. Dieses findet jedoch nicht Statt. Jede Quertheilung des Gehirn- und des Rückenmarkes lähmt alle Organe, deren Nerven unterhalb der Verletzungsstelle in das centrale Nervensystem einstreichen. Die beiden Primitivfasern der Endschlingen scheinen daher immer, so viel wir bis jetzt wissen, in demselben oder wenigstens in nicht fern von einander gelegenen Wurzelstämmen in das Rückenmark oder Gehirn einzutreten.

Bilden vorläufig die Verhältnisse der Endschlingen eher den Gegenstand der Verlegenheit als der Aufklärung, so wird diese Dunkelheit noch durch die Existenz der sogenannten Pacini'schen Körper nicht wenig verstärkt. Wie die Beobachtungen von Pacini, Cruveilhier, Andral, Erdl und vorzüglich von Henle und Koelliker lehren, kommen diese räthselhaften Gebilde bei dem Menschen, den Affen, dem Hunde, der Katze, dem Ochsen, dem Schaafe, der Ziege, dem Schweine und überhaupt allen Säugethieren, nicht aber den Vögeln, Reptilien und Fischen vor und werden eben sowohl im Embryo als im höchsten Lebensalter wahrgenommen. Sie finden sich bei dem Menschen (und den Säugethieren) vorzugsweise an der Volarfläche der Hand und der Fußsohle, fehlen dagegen in der Regel an der Rückenseite dieser Theile. Hier, wie an den Nerven einzelner Gelenke, den N. N. intercostales, den Eingeweidenerven und dem Schenkelnerven des Menschen sind sie nur in vereinzelnten Fällen und sparsamer beobachtet worden. Am leichtesten und schönsten sieht man sie in dem Gekröse der Katze. In ihm fallen sie schon sogleich als längliche graue halbdurchsichtige Bläschen in die Augen. Man braucht daher nur ein Stückchen Mesenterium unter das Mikroskop zu legen, um sie in ihren Details, wenn nicht etwa umgebendes Fett ein Hinderniß bereitet, wahrzunehmen. Will man sie am Menschen studiren, so schneidet man am einfachsten, wie schon Henle und Koelliker ebenfalls angegeben, die Fußsohle mit ihren Muskeln los und präparirt die Nerven von innen her nach der Haut hin. Man stößt dann, sobald man die Plantaraponeurose durchbohrt, auf viele Pacini'sche Körperchen. Ist jedoch die Leiche schon etwas alt, so haben sie häufig einen geringeren Grad von Durchsichtigkeit, welcher nicht selten das Studium mancher Structurdetails erschwert. Das Gekröse frisch getödteter Katzen ist daher in dieser letzteren Beziehung in hohem Grade zu empfehlen.

Die Pacini'schen Körperchen bilden länglich runde grauweiße halbdurchsichtige Gebilde, stellen bisweilen successive oder seitliche Verschmelzungsformationen zweier oder mehrerer dar und hängen durch kleine Stiele mit benachbarten Nervenfasern zusammen. Sie finden sich in der Regel an den größeren Nervenstämmen sparsamer, erscheinen schon häufiger an den Gabeltheilungen mittlerer Zweige und kommen vorzüglich an untergeordneten Nervenästchen vor. Eine Hand oder ein Fuß des Menschen scheint ungefähr 150 bis 300 derselben zu enthalten. Zerlegt man sie mittelst Staarnadeln, so läßt sich schon mit freiem Auge wahrnehmen, daß jedes von ihnen aus einem System von Kapseln besteht, die wie die Blätter einer Zwiebel um einander geschichtet sind. Eine eiweißhaltige Flüssigkeit, die jedoch nach Henle und Koelliker bei zarten Embryonen, so wie in den kleineren Körperchen Erwachsener mangelt und sich nach dem Centrum hin zu vermindern scheint, trennt die einzelnen Bälge von einander.

Unter dem Mikroskope stellt sich das Ganze so dar, wie es uns Fig. 207 in einfachster Form vorführt. Man sieht bei a die concentrischen Linien, welche die einzelnen

Kapsellagen begrenzen, in dem Centrum nicht selten von denen in der Peripherie etwas abweichen und bisweilen kleine Querbogen oder selbst Scheidewände darbieten. Die innerste centrale Kapsel schließt einen ungefähr in der Längenachse des Körperchen verlaufenden hellen Raum b ein und hängt durch einen Stielfortsatz c mit einem benachbarten Nervenstämmchen zusammen. Vorzüglich die äußeren Theile eines jeden Körperchen werden mit Blutgefäßnetzen versorgt. Eben so empfängt jedes eine Primitivfaser d von dem benachbarten Nerven. Sie dringt in den Stiel c ein, gelangt von da in die Basis der Kapsel und ist in diesem Theile von gewöhnlichen, meist schmalen Cerebrospinalfasern nicht zu unterscheiden. Später hingegen setzt sie sich in einen blassen feingestreiften Theil e, der seinem Aeußeren nach mit dem Remak'schen Primitivbande oder dem Purkinje'schen Achsencylinder übereinstimmt, fort. Meistentheils scheint sie an dem entgegengesetzten Ende des Centralkanales b unmittelbar oder nachdem sie sich gabelig oder selbst dreifach getheilt hat, aufzuhören, nur selten dagegen durch das Pacini'sche Körperchen wiederum durchzudringen. Ihr Ende zeigt sich bisweilen nach Henle und Koelliker knopfförmig, ohne daß jedoch diese Anschwellung durch eine Ganglienkugel bedingt wird. Sie selbst und der Schlußtheil des Centralkanales erscheinen häufig verbogen. Hierdurch, so wie durch die wechselnde Totalform des Pacini'schen Körperchens entsteht eine Menge von Varietäten, die ebenfalls von Henle und Koelliker sehr genau geschildert worden. Siehe ihre Schrift: Ueber die Pacini'schen Körperchen an den Nerven des Menschen und der Säugethiere. Zürich, 1844. 8. S. 9—30.

Fig. 207.



Wir können für jetzt nicht einmal irgend begründete Vermuthungen über den physiologischen Nutzen dieser Gebilde aufstellen. Ihre bloße Existenz bei Menschen und Säugethieren, ihr Mangel an sensuellen und motorischen Nerven, ihr vereinzeltes Erscheinen an sensiblen Nervenstämmen, so wie der Umstand, daß ihre Menge selbst hier mit der Zahl der Primitivfasern in gar keinem Verhältnisse steht, beweist, daß sie keine allgemeine Bedeutung für das Nervenleben haben. Eben so wenig können sie aber mit irgend einer Bestimmtheit für pathologische Gebilde, die etwa in Folge des Druckes entstehen, betrachtet werden. Noch weniger ist es möglich, sie als eine Norm der Nervenenden oder als Ganglien der Tastnerven oder Organe des angeblichen thierischen Magnetismus, wie sich von selbst ergiebt, anzusehen. Ihre geschichtete Structur führte zu der Vermuthung, daß sie elektrische Apparate der Nerven seien. Allein auch in dieser Beziehung fielen die Resultate von Versuchen, wie sich zum Theil erwarten ließ, unentschieden aus. Henle und Koelliker konnten bei der Berührung der Pacini'schea Körperchen frisch getödteter Katzen mit dem Bohnenberger'schen Elektrometer keine beständige Abweichung beobachten.

Die Verhältnisse der Endschlingen der Nerven und der Pacini'schen Körperchen deuten mithin klar darauf hin, daß die Nervenleitung mit einer Reihe von Thätigkeitsmomenten verknüpft sein muß, von denen wir gegenwärtig noch nicht die geringste Ahnung haben.

Eine unmittelbare Folge des Gesetzes der isolirten Leitung bildet die 1320
schon früher (§. 580) erwähnte Thatsache, daß jede Primitivfaser längs ihres ganzen Verlaufes dieselbe Thätigkeit beibehält und daher an allen ihren Stellen sensuell oder sensibel oder motorisch bleibt. Dieser Satz folgt auch schon aus der in §. 1304 gegebenen allgemeinen Theorie der Nervenwirkungen. Wenn alle besonderen Thätigkeiten der Nerven erst dadurch zu Stande kommen, daß die Schwingungen des Nervenäthers durch die entsprechenden peripherischen oder centralen Elemente, auf welche sie einwirken, specialisirt werden, so konnte nur durch eine Versetzung der letzteren eine wahre Veränderung der Function bedingt werden. Das einzige Mittel, dieses theilweise zu bewirken, würde darin

bestehen, mehrere Nervenfasern zu durchschneiden und sie nicht ihrem natürlichen Zusammenhange gemäß, sondern in einer bestimmten gekreuzten Richtung zusammenheilen zu lassen.

Fig. 208.

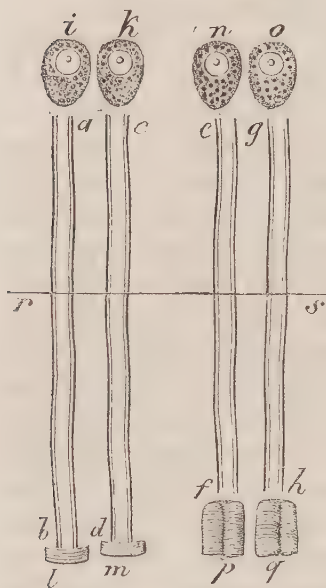
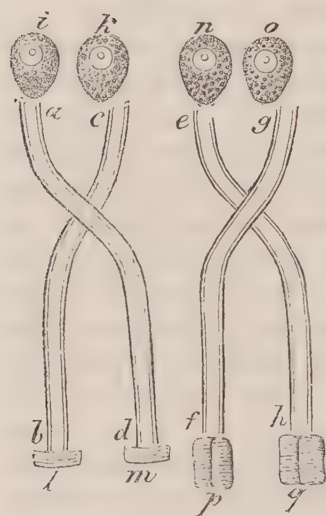


Fig. 209.



Gesetzt, ab und cd seien zwei sensible und ef und gh zwei motorische Nerven, i und k die den ersteren und n und o die den letzteren entsprechenden centralen Gebilde, l und m die beiden Hautstellen, welche von ab und cd und p und q die Muskelpartiheen, die von ef und gh versorgt werden. Alle vier Fasern würden in dem Niveau rs durchschnitten und dann so zusammengeheilt, wie es Fig. 209 zeigt, so daß wir jetzt die sensiblen Fasern ad und cb und die motorischen eh und gf haben, so müßte der Theorie nach ein Willensreiz, der von o ausgeht, die Parthie p statt q und umgekehrt die Wirkung von n den Theil q statt p in Bewegung setzen. Eben so würden Reize, die l und m treffen, immer noch empfunden werden, weil ihre sensiblen Primitivfasern ad und ch mit entsprechenden Centraltheilen i und k in ununterbrochenem Zusammenhange stehen.

Die Richtigkeit dieser theoretischen Folgerung wird durch einen von Flourens[1]) angestellten Versuch vollkommen bestätigt. Dieser Forscher durchschnitt nämlich bei einem Hahne die beiden Hauptnerven des Armgeflechtes (wahrscheinlich die N. N. medianus und radialis), von denen der eine zur oberen, der andere zur Unterfläche des Flügels verläuft. Eine halbe Lähmung desselben erfolgte nach der Trennung des ersteren, eine vollkommene nach der des letzteren Nervenstammes. Beide wurden nun mittelst eingelegter Hefte in gekreuzter Richtung mit einander vereinigt, so daß das obere Ende des ersteren Nerven mit dem unteren des letzteren und umgekehrt in Berührung kam. Das Thier hatte den Gebrauch seines früher paralytischen Flügels nach einigen Monaten vollkommen wieder erhalten und bediente sich seiner wie im Normalzustande. Wurden die wiedererzeugten Nerven bloßgelegt, so zeigten sie sich ganz in der künstlich vorgeschriebenen Weise vereinigt. Reizte man den oberen Nerv oberhalb der Wiedererzeugungsstelle mechanisch, so bewegten sich die Muskeln der Unterseite des Flügels, während sich nach dem analogen Angriffe, der auf den zweiten Nervenstamm ausgeübt wurde, die der Oberseite contrahirten. Es fand mithin eine gekreuzte Wirkung ganz in der Art, wie sie durch die eingeführte Nervendecussation vorgeschrieben wurde,

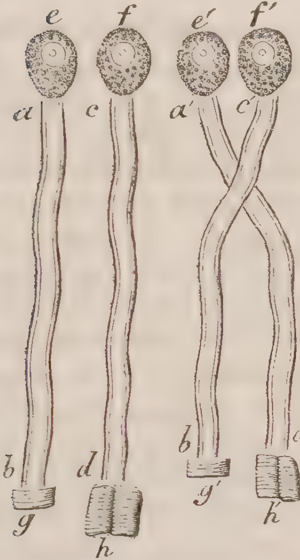
---

[1]) P. Flourens Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Seconde Edition. Paris, 1842. 8. p. 272. 73.

Statt. Jeder Hautreiz des Flügels rief überdies deutliche Empfindungserscheinungen hervor.

Eine minder sichere Antwort dagegen geben sowohl Theorie als Erfahrung, wenn es sich um das Zusammenheilen sensibler und motorischer Fasern handelt. Denn gesetzt, a b sei eine empfindende und c d eine bewegende Faser. Beide wären dergestalt zusammengewachsen, daß wir nach der Heilung a′d′ und c′b′ haben, so müßte keine Wiederherstellung der Thätigkeit möglich sein, wenn sich nicht e′ und f′ auf entsprechende Weise änderten. Denn e′ = e kann ursprünglich nur sensible, f′ = f bloß motorische Reize verarbeiten. Da aber e′ gegenwärtig den peripherischen Muskelfasern h′ und f′ dem Hautstücke g′ entspricht, so würde hierdurch die normale Beantwortung der entsprechenden Reize gestört werden. Bedenken wir aber, daß eine sehr ausgedehnte Mittheilung in dem centralen Nervenstamme Statt findet und sich hier häufig empfindende Anregungen auf bewegende reflectiren, so können wir wenigstens nicht von theoretischer Seite selbst für diesen Fall eine vollkommene Wiedererzeugung der Thätigkeit mit Gewißheit in Abrede stellen. Es wäre sogar denkbar, daß sie unter manchen Verhältnissen möglich, in anderen unmöglich sei. Wenn das von Flourens operirte Thier seine Flügel wiederum vollkommen wie im Normalzustande gebrauchen lernte, so scheint schon hier eine solche corrigirende Mittheilung Statt gefunden zu haben. Denn sonst hätte es die obere Seite des gesunden und die untere des kranken, und umgekehrt, gleichzeitig bewegen müssen. Entscheidende Erfahrungen über die Vereinigung von sensiblen und motorischen Fasern und vollständiger Wiederherstellung der Thätigkeiten liegen bis jetzt nicht vor, obgleich die Möglichkeit des Gelingens solcher Versuche mehrere Momente für sich zu haben scheint.

Fig. 210.



Flourens [1]) selbst hat noch zwei hierher gehörende Versuche, deren Resultate jedoch nicht entscheidend ausfielen, angestellt. Er durchschnitt den rechten herumschweifenden und den fünften Halsnerven eines Hahnes und vereinigte das obere Ende des Ersteren mit dem unteren des Letzteren. Obgleich die Verbindung, so weit sich dieses mit freiem Auge beurtheilen ließ, vollkommen gelungen war, so starb das Thier doch kurze Zeit nachdem ihm der linke N. vagus getrennt worden, an Erstickung. Das letztere Resultat ergab sich auch bei einer Ente, wenn nicht bloß das obere Stück des fünften Hals- mit dem unteren des herumschweifenden, sondern auch das obere des letzteren mit dem unteren des ersteren Nerven zusammengeheilt und der andere N. vagus durchschnitten worden. Hier war also der zuerst getrennte Vagus trotz der scheinbaren Zusammenheilung mit dem fünften Halsnerven außer Thätigkeit gesetzt worden.

Hat man den Hüftnerven eines Frosches getheilt und ihn sich dann durch Regeneration wiederherstellen lassen, so nimmt man keine Veränderung der Thätigkeiten seiner Primitivfasern wahr. Reizt man die isolirten hinteren Nervenwurzeln, welche sich in das Lendengeflecht begeben und die sonst im Normalzustande rein sensibel sind, so entstehen auch keine Zuckungen nach der Wiedererzeugung des Nerven. Diese treten aber nach Irritation der vorderen auch sonst motorischen Wurzelbündel hervor (Schwann [2]),

---

[1]) a. a. O. S. 175—77.

[2]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. I. Dritte Aufl. Coblenz, 1837. 8. S. 414. 15.

Steinrück)[1]. Die Thatsache erklärt sich einfach, wenn man annimmt, daß sich die gleichartigen Fasern bei der Regeneration aufsuchen. Als ein Stützpunkt dieser Hypothese könnte die schon §. 525 angeführte Erscheinung, daß die Bildung der neuen Primitivfasern von den beiderseitigen Durchschnittsenden der älteren ausgeht, angeführt werden. Eine andere zum Theil unwahrscheinlichere Annahme wäre, daß sich heterogene Fasern je nach der Zufälligkeit ihrer Lage verbänden, auf diese Weise sensible und motorische zusammenkämen und so auch ihre Functionen den peripherischen Theilen entsprechend änderten.

Endlich suchte Bidder[2]) den rein sensiblen R. lingualis und den vorherrschend bis ausschließlich motorischen Hypoglossus des Hundes zu solchen Versuchen zu benutzen. Er verband bei sechs Thieren das centrale Ende des Zungenfleischnerven mit dem peripherischen des Zungenastes des dreigetheilten Nerven, während er bei zwei anderen Thieren der Art das centrale Stück des Lingualis Trigemini mit dem peripherischen des Hypoglossus zusammennähte. Wurden dann die Hunde 62 bis 136 Tage nach der Operation getödtet und unmittelbar darauf rücksichtlich ihrer Reizbarkeit geprüft, so erregte ein durch 12 bis 20 Plattenpaare erzeugter galvanischer Strom, welcher auf den Hypoglossus innerhalb der Schädelhöhle oder oberhalb der Narbe einwirkte, mehr oder minder starke Zusammenziehungen der Zunge, während der Lingualis, er mochte oberhalb oder unterhalb der Heilungsstelle gereizt werden, keine Zuckungen bedingte. Die anatomische Untersuchung lehrte aber auch diesem entsprechend, daß das centrale Stück des Hypoglossus, obgleich es mit dem peripherischen des Lingualis durch einen Seidenfaden zusammengeheftet worden, in drei Fällen nicht mit ihm, sondern mit seinem eigenen peripherischen Abschnitte verwachsen war. In den fünf anderen erschien Alles zu einer unförmlichen Narbenmasse vereinigt. Auch die mikroskopische Untersuchung derselben lieferte keine näheren Aufschlüsse. Das gegenseitige Aufsuchen gleichartiger Nervenfasern schien also hier jede Berechnung vereitelt zu haben.

1321 Wie wir früher sahen, wird das Aequivalent eines jeden Reizes, der eine Nervenfaser trifft, längs ihres ganzen Verlaufes centripetal oder centrifugal fortgepflanzt, regt dann hierdurch die dem centralen Anfange oder dem peripherischen Ende entsprechenden Elemente an und ruft erst auf diese Weise die speciellen Thätigkeiten der Empfindung und Bewegung hervor. Hieraus folgt aber von selbst, daß es für die Art der Wirkung vollkommen gleichgültig sein muß, an welcher Stelle die Faser angesprochen werde. Mögen wir eine motorische Faser im Gehirn oder an dem Anfange, der Mitte oder dem Ende ihres peripherischen Verlaufes angreifen, so werden immer nur dieselben peripherischen Muskelfasern die Einwirkung durch Zuckungen beantworten. Eben so muß durch die sensiblen Fasern unter den gleichen Verhältnissen Schmerz entstehen. Daß dieses der Fall sei, haben wir schon in der Lehre von den Bewegungen häufig zu sehen Veranlassung gehabt. Wenn die Reizung des N. ischiadicus ausgedehntere Zuckungen und heftigere Schmerzen als die des N. tibialis veranlaßt, so hat dieses nur darin seinen Grund, daß in dem ersteren Falle eine größere Zahl von Primitivfasern als in dem letzteren thätig ist. Diesem gemäß schmerzt auch die Durchschneidung einer einzigen hinteren Wurzel der Nerven des Lendengeflechtes weniger und regt eine solche einer vorderen Wurzel desselben beschränktere Zuckungen an als ein den ganzen Hüftnerven treffender Eingriff.

---

[1]) C. O. Steinrück. De nervorum regeneratione. Berolini, 1838. 4. p. 58. 59. Nr. 30.

[2]) Müller's Archiv. 1842. 8. S. 107 fgg.

Dagegen wäre es wenigstens denkbar, daß die Intensität der Wirkung, welche auf einen Anspruch erfolgt, von der Oertlichkeit desselben in gewissem Maaße bestimmt werde, daß eine motorische Faser um so stärker reagire, je näher sie ihrem peripherischen Ende, eine sensible, je weniger von ihrem centralen Anfange entfernt sie angegriffen werde, mit einem Worte, daß die Länge des Stromes einen durch den Leitungswiderstand bedingten Kraftverlust nach sich zöge. Man könnte zur Unterstützung dieser Ansicht die schon §. 665 erläuterte Thatsache anführen, daß die Reizbarkeit motorischer Nerven nach ihrer Durchschneidung im Leben oder nach dem Tode von dem Centrum nach der Peripherie verschwindet. Allein wenn auch eine sichere Antwort dieser Frage unmöglich ist, so läßt sich jedenfalls annehmen, daß die durch einen solchen Leitungswiderstand bedingten Störungen bei der Leichtigkeit und Schnelligkeit der Oscillationen des Nervenäthers sehr klein und wahrscheinlich gleich Null ausfallen werden. Denn fände dieses nicht Statt, so würde jede durch unseren Willen angeregte Bewegung und jede objective Empfindung auf die verhältnißmäßig ungünstigsten Bedingungen stoßen, weil bei ihnen der längste zu durchlaufende Weg vorhanden wäre — eine Einrichtung, welche der Vollkommenheit der Natur zu widersprechen scheint.

Da die Empfindungen zunächst im Gehirn durch die dem centralen 1322
Anfange der Primitivfasern entsprechenden Nervenkörper veranlaßt werden, so müßten sie auch streng genommen in ihm selbst zur Wahrnehmung gelangen. Wir würden dann nicht einen Nadelstich an derjenigen Stelle der Haut, welche von ihr getroffen wird, sondern in dem centralen Nervensysteme an dem Anfangspunkte der correspondirenden sensiblen Fasern auffassen. Einer solchen unpassenden Wirkung aber wird durch eine geistige Correction, das sogenannte Gesetz der peripherischen Energie, entgegenarbeitet. Wir versetzen nämlich den Eindruck, welcher eine sensuelle oder sensible Primitivfaser trifft, nach ihrem peripherischen Ende und daher in den meisten normalen Fällen an seinen wahren Ort, nicht aber an diejenige Stelle, welche die Auffassung desselben vermittelt.

Die Entfernung, in welche die Eindrücke nach außen übergetragen 1323
werden, ist nicht bei allen Sinnesempfindungen die gleiche. Wenn wir auch die subjectiven Wahrnehmungen der Art ohne Ausnahme an die Peripherie verlegen, so empfinden wir doch die des Gesichtsorganes in einem nicht ganz genau bestimmbaren, jedoch immer verhältnißmäßig nicht sehr großen Abstande vom Auge, die des Gehörs im mittleren Ohre, die des Geruchs in der Nase, die des Geschmacks an der Oberfläche der Zunge und zum Theil des Racheneinganges, endlich die des Tastgefühls an der äußeren Haut oder selbst in oder unter derselben. Nur ausnahmsweise tragen wir das Ohrenklingen in die Ferne über, so daß es uns vorkommt, als ob in einer gewissen Distanz Glocken geläutet, geklingelt oder auf andere Weise Lärm gemacht würde.

Künstliche Reizung eines peripherischen sensiblen Nervenstammes bewirkt entsprechende subjective Empfindungen in denjenigen Theilen, welche die Endzweige desselben aufnehmen. Auf diese Art erzeugt z. B. ein an-

haltender Druck auf den N. infraorbitalis an seinem Austritte aus dem Unteraugenhöhlenloche die Empfindung des Ameisenlaufens, des Stechens, Prickelns oder Brennens in der Haut der Nase, der Wange und der Oberlippe der entsprechenden Gesichtshälfte, eine ähnliche Affection des R. frontalis die analogen Gefühle an der Stirn, des R. mentalis in der correspondirenden Hälfte der Unterlippe, des N. ulnaris in dem kleinen Finger, dem Ringfinger und zum Theil dem Mittelfinger. Pressen wir die Achselgrube gegen einen harten Körper, z. B. eine Stuhllehne, anhaltend, so entsteht das Gefühl des Myrmecismus in der Hand und später im Vorderarme u. s. f., weil das gedrückte Achselgeflecht peripherisch reagirt. Aehnliche Erscheinungen bieten nicht selten Menschen, die an Krücken zu gehen anfangen, wenn sie sich längere Zeit Bewegung gemacht haben, dar. Aus derselben Ursache erzeugt der Druck des schwangeren Uterus oder des bei der Geburt durchtretenden Kindeskopfes heftige Schmerzen in den Schenkeln. Sitzen wir anhaltend mit über einander geschlagenen Knieen und fest an einander liegenden Beinen, so daß der N. poplitaeus oder die N. N. tibialis und peroneus afficirt werden, so schläft uns der Fuß ein. Bei Ausrottungen des Augapfels ereignet es sich bisweilen, daß die Kranken plötzlich die heftigsten Zahnschmerzen empfinden, weil der N. infraorbitalis vor seinem Eintritte in den Unteraugenhöhlenkanal durch das Messer oder das glühende Eisen berührt worden. Bei allen diesen Erscheinungen vergrößert sich die Ausdehnung der das subjective Gefühl darbietenden Theile mit der Zahl der Primitivfasern, welche die Einwirkung auszuhalten haben. Während sich aber die Gesetze, nach welchen es geschieht, aus den Normen der isolirten Leitung der Primitivfasern von selbst ergeben, tritt schon hier die Eigenthümlichkeit hervor, daß die Endtheile vorzüglich der Extremitäten, also die Hand und der Fuß die Empfindungen zuerst darbieten, dieselben sehr intensiv zeigen und verhältnißmäßig am längsten behalten. Die Handfläche und die Fußsohle haben in dieser Beziehung vor den Rückenseiten dieser Gebilde den Vorzug. Gleichwie ihnen eine größere Tastempfindlichkeit zukommt, so behaupten sie auch hier einen höheren Rang rücksichtlich ihrer Perceptibilität.

Diese Folgen der peripherischen Reaction treten nicht bloß in den gewöhnlichen Tastempfindungen und Schmerzensgefühlen hervor, sondern äußern sich auch in allen übrigen Wahrnehmungen, deren die ergriffenen Nerven fähig sind. Wie jede Anregung des Sehnerven subjective Lichtbilder, die des Hörnerven Töne und des Geruchsnerven Gerüche erzeugt, so kann eine Affection des N. vagus das Gefühl des Heißhungers oder des Brennens im Magen, eine solche der Geschlechtsnerven Wollustempfindungen in den Genitalien hervorrufen. Eben so entstehen auf diese Weise in der Haut nicht bloß die Perceptionen des Ameisenlaufes, Prickelns, Stechens u. s. w., sondern auch die der Kälte oder Wärme, je nachdem die Einwirkungen oder der Stand der krankhaften Reizbarkeit solche Aeußerungen der Nerventhätigkeit begünstigen.

1324 Wirkt ein gewaltsamer Eindruck auf einen sensiblen Nerven plötzlich ein, so erzeugt sich eine Empfindung, als gehe der Effect von der Stelle des Angriffes aus, schieße blitzschnell zu den peripherischen Theilen hin und entlade sich in diesen. Am deutlichsten sehen wir dieses z. B., wenn wir uns an den Ellenbogen stoßen. Ist der Nervenstamm einem starken, sich

allmälig vergrößernden Drucke ausgesetzt, so entsteht außer den peripherischen Wirkungen der Perception eine örtliche unangenehme Empfindung an der Affectionsstelle selbst. Sie kann sich in mannichfachen Krankheitszuständen zu einem heftigen Schmerze steigern. Gebärende haben z. B. nicht bloß Wehen im Uterus, sondern auch Ziehen und Reißen im Kreuze. Lagern sich zwischen den Nervenfasern zerrende und zerstörende Massen ab, entstehen sogenannte Neurome, so haben wir nicht selten sowohl in diesen als in den peripherischen Theilen des ergriffenen Nerven die heftigsten Schmerzensempfindungen, die in einzelnen Anfällen längs der Nervenstämme dahinschießen können. Bei manchen Neuralgieen endlich correspondirt der Verlauf der pathologischen Wahrnehmung weder dem Gange der Hauptnervenstämme, nach allen von ihnen versorgten Organen. Die Ursachen dieser Eigenthümlichkeit werden sich zum Theil aus den Reflexerscheinungen des centralen Nervensystemes ergeben.

Fast kein allgemeineres Gesetz der Nervenphysiologie hat für den Arzt eine solche Wichtigkeit, als das der peripherischen Reaction. Denn sehr viele in peripherischen Organen zum Vorschein kommende Schmerzen haben ihre bedingende Ursache in Leiden entfernter Stellen ihrer Primitivfasern. Nur wenn der Grund des Uebels mit Glück bekämpft worden, kann Heilung eintreten. Jede örtliche oder allgemeine Behandlung dagegen, welche ein solches Ziel außer Augen läßt, vermag im günstigsten Falle keinen Nutzen, sehr oft dagegen bedeutenden Schaden zu bringen. Wenn z. B. die Wurzeln des dreigetheilten Nerven oder des Lendengeflechtes am oder im centralen Nervensysteme afficirt sind, so würden alle Mittel, welche man auf das Gesicht oder die Füße, als die Orte der Schmerzens- oder Lähmungserscheinungen anwenden wollte, vergeblich sein. Die mannigfachen krankhaften Empfindungen, welche Hysterische an den verschiedensten Körperstellen haben, das Nagen im Magen, die Gefühle von Druck in den Augen und Schwäche in den Beinen, von denen Onanisten und Ausschweifende heimgesucht werden, das Rieseln längs der Glieder und der Wirbelsäule vor einem Anfalle von Epilepsie, die Perception von Kälte im Rücken oder dem ganzen Körper bei dem Eintritte eines Wechselfiebers, die heftigen Koliken bei chronischen, nicht entzündlichen Bleivergiftungen, endlich die außerordentliche Reihe verschiedenartiger Symptome, welche man der später zu erwähnenden Spinalirritation zugeschrieben hat, bilden bloße Aeußerungen des Gesetzes der peripherischen Reaction, während der Sitz solcher Beschwerden in dem centralen Nervensysteme selbst zu suchen ist. Der Arzt muß sich überhaupt in jedem Falle, wo beständige oder wechselnde Schmerzen auftreten, zunächst fragen, ob sie an der Empfindungsstelle selbst oder in einem entfernten Nervenverlaufe ihren Grund haben. Denn ist auch nicht das Gehirn oder Rückenmark Schuld daran, so kann ein Punkt des peripherischen Ganges der Nerven durch Entzündung, Erweichung, Geschwülste u. dgl. die Veranlassung bilden. Eine genaue anatomische Kenntniß der Neurologie hilft oft unter den letzteren Verhältnissen in hohem Grade. Denn gesetzt, ein Mensch hätte z. B. eine Entartung in der Highmorshöhle, zu welcher sich die heftigsten Zahnschmerzen des Oberkiefers und intensive Gesichtsschmerzen gesellen, so könnten wir daraus schließen, daß der zweite Ast des N. trigeminus hinten, wenn dagegen die Affectionen der hinteren Backzähne fehlen, vorn durch das Afterproduct gedrückt werde.

Ist aber die Nichtbeachtung des Gesetzes der peripherischen Reaction für den Arzt von Bedeutung, so kann sie den Chirurgen zu den grausamsten Eingriffen und Verstümmelungen des Körpers ohne Noth verleiten. Wenn er z. B. bei starkem Gesichtsschmerze den N. infraorbitalis durchschneidet, während die Ursache der Krankheit im Gehirn, an der Schädelbasis oder in der Augenhöhle liegt, so vollführt er eine schmerzhafte Operation, ohne den geringsten Nutzen erwarten zu können. Alle solche Angriffe sind nur dann bei Neuralgieen gestattet, wenn man von der Oertlichkeit der Veranlassung unterhalb der Operationsstelle überzeugt ist. Daher nach localen Verletzungen oder bei zugänglichen Neuromen derselben oder unvertilgbaren Nachbarentartungen. Eben so kann man versuchsweise ein Nervenende, das in einem Amputationsstumpfe zu knollig geworden und

mit der Narbe unpassend verwachsen ist, entfernen. Wo man dagegen in diesen Beziehungen unsicher ist, wird die Operation höchstens dann gerechtfertigt erscheinen, wenn sich der durch seine heftigen Qualen gefolterte Kranke selbst einem schmerzhaften Versuche unterziehen will und vielleicht noch eine Spur von Möglichkeit der Linderung furchtbarer Leiden vorhanden ist.

Noch unverantwortlicher wird es, wenn man sich durch den Schein der peripherischen Reaction zur Amputation verleiten läßt [1]). Ein warnendes Beispiel der Art wurde von H. Mayo [2]) mitgetheilt. Ein 22jähriges Mädchen litt 4 Jahre lang an den heftigsten Schmerzen im linken Knie. Dieses zeigte mit Ausnahme eines örtlichen Oedems, welches wahrscheinlich durch die angewandten localen Mittel veranlaßt worden, keine materielle Veränderung und kein mechanisches Hinderniß der Bewegung. Der Oberschenkel wurde nichts desto weniger von einem Chirurgen amputirt. Das Kniegelenk bot bei der anatomischen Untersuchung nur die äquivoken Zeichen einer theilweisen Blutüberfüllung und an einer kleinen Stelle eine Verdickung der Bänder dar, d. h. es war gesund oder höchstens in Folge der früheren Behandlung in einigem Grade gereizt. Nach Heilung des Stumpfes kam der Schmerz wieder und wurde abermals in dem nicht mehr vorhandenen Kniegelenke empfunden. Man amputirte deshalb den Ueberrest des Schenkels von neuem, sägte ein größeres Stück vom Knochen ab, nahm einen bedeutenden Theil des N. ischiadicus hinweg und bedeckte das Ganze mit einem starken Lappen von Muskeln und Haut. Als die alten Beschwerden nach Heilung der zweiten Verletzung zurückkehrten, wurde der N. ischiadicus unter dem Glutaeus wieder ohne Erfolg durchschnitten. Endlich erarticulirte man [3]) den Stumpf im Hüftgelenke und hier blieben die Schmerzen in der ersten Zeit aus; ob aber für länger, ist, so viel ich weiß, nicht angegeben worden. In einem anderen ebenfalls von Mayo erwähnten ähnlichen Falle, wo einer Frau der Oberschenkel ohne Erfolg amputirt worden, fanden sich später die hinteren Wurzeln der Nerven desselben mit knorpeligen und knöchernen Plättchen bedeckt, so daß die Operation als vollkommen unnütz erscheinen mußte. In Betreff der Exarticulation des Stumpfes des zuerst erwähnten 22jährigen Mädchens aus dem Hüftgelenke stützte man sich auf die Beobachtung einer Frau [4]), der aus ähnlichen Ursachen zuerst die Hand und dann der Oberarm abgenommen worden und bei welcher erst die Auslösung des letzteren aus der Schulter Ruhe verschaffte. Die Ursache, aus welcher etwas der Art möglich ist, die aber zugleich die Amputation in solchen Fällen im höchsten Grade einschränkt, kann erst bei den Reflexerscheinungen des centralen Nervensystemes erläutert werden.

Fig. 211.



Da die peripherische Versetzung des Eindruckes von dem centralen Nervensysteme ausgeht, so kommt sie immer zu Stande, die entsprechenden Primitivfasern mögen an einer Stelle ihres Verlaufes vollständig oder unvollständig zerstört sein. Nehmen wir an, ab sei eine sensible Primitivfaser, die bei cd durchschnitten oder auf andere Weise zerstört worden, so wird ein an dem peripherischen Ende b einwirkender Reiz nicht mehr zur selbstbewußten Empfindung gelangen, weil sein Aequivalent nicht bis zu a nach dem Gehirn geleitet werden kann. Wäre ab motorisch, so könnten sich nicht die entsprechenden Muskeln nach dem Befehle des Willens, wohl aber wenn eine Stelle zwischen cd und b angesprochen wird, bewegen. Wirkt aber ein Irritament oberhalb cd z. B. in e ein, so geht es ungehindert bis nach a und wird zwar percipirt, jedoch vermöge des Gesetzes der peripherischen Reaction in den gelähmten Theil, welcher b entspricht, versetzt. Die mannichfachsten Krankheitszustände liefern uns wiederum Belege hierfür. Gesetzt, ein Chirurg

[1]) Einen solchen Fall mit der ganz richtigen Erklärung giebt schon Chr. L. Hoffmann de sensibilitate et irritabilitate partium libellus latine redditus. Düsseldorpii, 1794. 8. p. 85.

[2]) Herbert Mayo Grundriss der speciellen Pathologie mit besonderer Rücksicht auf die pathologische Anatomie. Aus dem Englischen übersetzt und mit einigen Zusätzen und Bemerkungen herausgegeben von F. Amelung. Darmstadt, 1838. Abth. I. 8. S. 110.

[3]) Froriep's neue Notizen Bd. I. Nro. 19. S. 297.

[4]) Mayo a. a O. S. 189.

hätte bei einem Gesichtsschmerze, der seine veranlassenden Ursachen im Gehirn oder an der Schädelbasis hat, den R. infraorbitalis oder den R. mentalis durchschnitten, so kann das Individuum seine alte Neuralgie in der unempfindlichen Gesichtshaut lange ehe sich der Nerve wieder erzeugt hat, auf das Stärkste haben. Denken wir uns, ein Mensch sei von einem Gerüste gefallen und hätte sich in Folge eines Bruches der untersten Rückenwirbel den entsprechenden Theil des Rückenmarkes zerrissen oder gequetscht, so wird er alle Kraft seiner Beine und die Empfindung in ihnen dergestalt verloren haben, daß ihn das Auftröpfeln von Siegellack auf dieselbe oder selbst das Bestreichen mit einem warmen Eisen nicht im Geringsten afficirt. Entzündet sich aber der obere Theil des Rückenmarkes in Folge der Verwundung, bilden sich drückende Eiterdepots u. dgl., so wird er von den heftigsten Schmerzen in seinen total gelähmten unteren Extremitäten heimgesucht. Noch belehrender sind in dieser Beziehung Geschwülste, welche sich von dem Körper oder einem anderen Theile eines Wirbels aus nach dem Rückenmarke hin verbreiten. Indem sie das Letztere zusammendrücken, lähmen sie die Füße gänzlich. Schreiten sie aber nach oben fort und greifen fernere Stellen des centralen Nervensystemes allmählig an, so entstehen die heftigsten Neuralgien in Theilen, die selbst zu Kohle verbrennen können, ohne daß der Kranke etwas daran empfindet.

Nicht bloß paralytische, sondern selbst gar nicht mehr vorhandene Organe können die Rolle des scheinbaren Sitzes von Empfindungen übernehmen. Viele Neuralgieen des zweiten oder dritten Astes des N. trigeminus beginnen mit sehr heftigen und anhaltenden Zahnschmerzen. Der Mensch läßt sich nach und nach Zahn für Zahn ausreißen, ohne daß sich sein Leiden bessert, und glaubt endlich selbst noch in seinem zahnlosen Kiefer die intensivsten Zahnschmerzen zu haben. Personen, denen der Augapfel einer bösartigen Geschwulst wegen exstirpirt worden, haben, wenn sie im Schädel wiederkehrt, die heftigsten Schmerzen in ihrer leeren Orbita und beziehen sie auf das Auge, welches sie längst nicht mehr besitzen. Auf gleiche Weise sehen Kranke nicht selten nach Exstirpation des Bulbus Lichtphantasmen, sobald der Stumpf des N. opticus oder das Gehirn durch die nachfolgende Entzündung gereizt wird. Wurde ein neuralgischer Testikel exstirpirt, so kann eben so die Empfindung in dem Ueberreste des Hodensackes wiederkehren.

Noch deutlicher wird das Gesagte durch die sogenannten Integritätsgefühle der Amputirten erhärtet. Halten wir uns zunächst an die einfachen äußeren Erscheinungen, so zeigt sich als Grundgesetz, daß ein Mensch, welcher eine Extremität verloren hat, die Empfindung behält, als wenn er sein Glied noch besitze und sein Körper unverstümmelt sei. Diese Täuschung kommt nicht bloß bei solchen Individuen, die nur einen Theil einer Extremität verloren haben, denen der Vorder- oder Oberarm, der Unter- oder Oberschenkel abgenommen worden, sondern auch bei denen, die die Exarticulation eines ganzen Gliedes ausgehalten haben, vor. Ein Mädchen, dem man sieben Jahre vorher den linken Oberschenkel aus der Hüfte exarticulirt hatte, gab an, daß sie immer das fehlende Bein in einer ähnlichen Stellung, wie das vorhandene fühle, hatte bei der Berührung oder dem Kitzeln der Narbe der Weichgebilde des Stumpfes die Empfindung, als erfolge der Contact an dem fehlenden Schenkel oder als würde die Fußsohle desselben gerieben und glaubte den Fuß oder die große Zehe zu beugen und zu strecken, wenn sie die Ueberreste ihrer Gesäßmuskeln zusammenzog. Aehnliche Erscheinungen geben nicht selten bei anderen Amputirten zu den eigenthümlichsten Täuschungen Veranlassung. Wenn z. B. ein Mensch ein großes Osteosarkom des Vorderarmes hatte, so daß er die kranke Extremität nur mittelst der gesunden anderen Hand emporheben konnte, so wiederholt er oft diese Bewegung vorzüglich im Anfange nach der Amputation des Oberarmes, weil ihm das Integritätsgefühl das Vorhandensein der früheren Verhältnisse vorspiegelt. Solche Individuen bewegen häufig ihren Stumpf in dem Wahne, mit ihrer fehlenden Hand etwas greifen zu wollen. Oberschenkelamputirte fühlen ihren mangelnden Fuß vollkommen und haben bei dem Stehen das irrige Bewußtsein, als könne dieser nur nicht den Fußboden berühren. Solche Leute kratzen bisweilen ihr hölzernes Bein auf das Heftigste, weil sie das Krimmern auf die entfernte Körperstelle beziehen. Friert ihr vorhandener Fuß, so glauben sie die Kälte auch in ihrem fehlenden zu empfinden. Wenn sie sich in das Bett legen, so decken sie sich da, wo ihre mangelnde Extremität kommen sollte, gut zu. Ein 20jähriges Individuum, dem 12 Jahre vorher der Oberschenkel in seiner Mitte abgenommen worden, hatte die Gewohnheit, nur auf der rechten Seite liegend zu schlafen, so das die linke Extremität auf dem Stumpfe ruhte. Nichts desto we-

niger besaß es dann immer das Gefühl, als sei das fehlende Bein im Kniegelenke gebogen und ging unter dem vorhandenen hindurch. Personen, die kurz vorher an der unteren Extremität amputirt worden und sich der Krücken bedienen, schreiten nicht selten bei dem Gehen mit dem Ueberreste ihrer Extremität aus, weil sie ihr Integritätsgefühl hierzu verleitet.

Ein specielles Studium dieser Erscheinungen belehrt uns, daß wir es hier mit keiner bloß untergeordneten psychologischen Täuschung, sondern mit einem tiefer greifenden Nervengesetze zu thun haben. Im Momente der Operation haben die Kranken eine vorherrschend peripherische Empfindung. Leute, denen z. B. der Oberschenkel abgenommen wird, fühlen den größten Schmerz, nicht an der Operationsstelle, sondern haben die Empfindung, als würde ihr Fuß oder ihre Wade über dem Feuer gehalten oder mit glühenden Instrumenten angegriffen. Im Momente der Amputation des Oberarmes tritt die heftigste Perception in den Fingern ein. Nur ausnahmsweise kommt der Fall vor, daß die Wahrnehmung örtlich an der Durchschnittsstelle erscheint. Eine 65jährige Frau z. B., der der linke Oberschenkel entfernt worden, gab an, daß sie glaubte, ihr Bein würde an der Verletzungsstelle mit einem glühenden Drahte umschnürt [1]). Ob dieses durch eine zu große Empfindlichkeit und daher eine zu bedeutende Heftigkeit des Eindruckes bedingt war oder auf einer Verwechselung mit dem Hautschnitte oder einem Gedächtnißfehler beruht, bleibt dahingestellt.

Aehnliche Täuschungen kehren unmittelbar nach der Operation wieder. Wenn sich der Stumpf entzündet, so klagen die Kranken über Schmerzen in den jetzt entfernten, pathologisch entarteten Theilen, in den Fingern oder Zehen, dem Ellenbogen- oder Kniegelenk, so daß sie selbst allen Nutzen der Operation in Abrede stellen. Werden kalte Umschläge auf den Stumpf gemacht, so haben sie das Gefühl, als würden die Endtheile der abgenommenen Glieder einer kalten Temperatur ausgesetzt. Diese Verhältnisse greifen so tief ein, daß sie dem Arzte in allem Ernste über die heftigsten Schmerzen in der Hand oder dem Fuße, den sie nicht besitzen, klagen.

Die Gefühle erhalten sich nicht bloß die erste Zeit, sondern das ganze Leben hindurch. Ein Mensch, der vor 23 Jahren eine Oberschenkelamputation ausgehalten, empfand seine mangelnde Extremität noch eben so lebhaft, als kurze Zeit nach der Operation. Einzelne Forscher, welche diese Erscheinungen auf bloße Erinnerungsvorstellungen reduciren, glaubten aus einem Vergleiche mit den Blinden schließen zu können, daß Personen, die in sehr früher Kindheit ein Glied verloren, jene Integritätsempfindungen nicht besäßen. Es läßt sich nämlich im Allgemeinen annehmen, daß Menschen, welche nach ihrem sechsten Lebensjahre erblindet sind, sehend träumen, bei denen hingegen, die früher ihr Augenlicht verloren, die Vorstellung der Blindheit und des Tappens auch in ihren Traumgebilden wiederkehren [2]). Demgemäß sollte auch die Auffassung der Amputirten von dem Alter, in welchem die Operation gemacht worden, abhängen. Allein ein Individuum, dem in seinem zweiten Lebensjahre der rechte Vorderarm abgenommen worden, integrirte in seinem 20sten Lebensjahre eben so vollständig, als ein solches, das später operirt worden. Ueberdies werden auch die in der Folge zu erwähnenden Erfahrungen von Leuten, die mit verstümmelten Extremitäten geboren worden, gegen eine solche Annahme zeugen. Dagegen ändert sich allerdings die Traumvorstellung der Amputirten je nach der Zeit der Operation in anderer Beziehung. Ein Individuum, das einige Monate vorher den rechten Schenkel verloren hatte und sich der Krücke bediente, träumte sich vollkommen unverstümmelt und freigehend. Ein anderes dagegen, das vor einer Reihe von Jahren am rechten Oberschenkel amputirt worden war, gab ausdrücklich an, daß es sich im Anfange vollkommen gesund träumte. Später dagegen kam es ihm vor, als hätte es zwei Beine, sei aber aus irgend einem ihm unbekannten Grunde genöthigt, sich einer Krücke zu bedienen. Mit der Zeit trat daher das Bewußtsein der Infirmität neben dem Gefühl der Integrität hervor.

Auf gleiche Weise können auch die Erscheinungen, welche durch den Ueberrest des Gliedes selbst bedingt werden, wechseln. Die Natur sucht zwar die Enden der durch-

---

[1]) G. Th. Rhone de sensuum mendaciis apud eos homines, quibus membrum aliquod amputatum est. Halis, 1842. 8. p. 11.

[2]) Heermann in Ammon's Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie. Bd. I. Dresden und Leipzig, 1838. S. 117—54.

schnittenen Nerven durch die schon Bd. I. S. 709 erwähnte zellgewebige Knollenbildung zu schützen. Allein sie sowohl, als die übrigen Weichtheile sind doch vermöge der Narbenbildung den Einflüssen der Atmosphäre in höherem Grade, als gesunde Organe ausgesetzt. Wie überhaupt alte bedeutende Narben bei Veränderungen der Witterung leicht schmerzen, so erhalten auch die Amputirten ähnliche unangenehme Empfindungen oder ihren sogenannten Kalender unter den gleichen Verhältnissen. Der Schmerz wird dann im Stumpfe selbst oder in ihm und der fehlenden Extremität oder der letzteren allein wahrgenommen. Oft kehren hierbei die Empfindungen in ähnlicher Art, wie vor der Operation wieder. Eine Frau, der in Folge einer weißen Kniegeschwulst der linke Oberschenkel amputirt worden, wurde bei schlechtem Wetter wie vor der Operation von dem heftigsten Knieschmerze gefoltert [1]). In einzelnen Fällen zeigt sich sogar die eigenthümliche Erscheinung, daß sich die unangenehmen Perceptionen von dem Ende des Stumpfes centripetal nach der Rumpfgelenkverbindung des Gliedes hinziehen. Kitzelt man die Narbe oder drückt einen durch die Haut hindurchzuführenden Nervenknoten leise, so erhöht sich das Integritätsgefühl. Verstärkt man den Druck, so entsteht nicht nur ein heftiger Schmerz im Stumpfe, sondern er schießt auch mit seinem Stechen längs des fehlenden Gliedes hinab.

Diese Integritätsgefühle sind so unabweislich, daß sie trotz aller Gegenzeugnisse der Sinne und des Geistes fortdauern. Der Amputirte hat, während er seinen Stumpf sieht, befühlt oder mit ihm tastet, die unveränderliche Perception seiner vollständigen Extremität. Oberschenkelamputirte empfinden, wenn sie ein hölzernes Bein tragen, trotz der Integritätsauffassung, die Stelle, wo ihr Schenkel aufhört. Läßt man das Stumpfende gegen eine Wand, z. B. die eines Sopha, anlegen, so kommt es dem Menschen vor, als ginge sein Fuß durch jene hindurch. Sieht er auch das Absurde einer solchen Annahme sogleich ein, so stört dieses doch die Empfindung nicht im Geringsten. Verständige Menschen der Art kommen in der Regel von selbst auf die nothwendigen Widersprüche, welche zwischen ihrem Gefühl, ihren Sinnen und ihrem Bewußtsein existiren. Nichts desto weniger überrascht sie das Erstere bisweilen dergestalt, daß sie hierdurch zu unzweckmäßigen Handlungen verleitet werden. Ein Mann, der einen Oberschenkel verloren hatte und lebhaft träumte, sprang bisweilen ohne weiteres aus dem Bette und fiel hin. Eine Frau, die vor mehr als 20 Jahren beide Füße durch Erfrieren verloren hatte und Stelzen gebrauchte, schnallte diese los, wenn sie arbeiten saß. Hierbei ereignete es sich nicht selten, daß sie, von ihrem Integritätsgefühle verleitet, unmittelbar fortgehen wollte und erst durch das Fallen ihre Infirmität merkte.

Es ergiebt sich aus dem Dargestellten von selbst, daß jede Einwirkung, welche den Stumpf im Ganzen trifft, auf die verlorene Extremität bezogen wird. Als der Ueberrest des am Trochanter amputirten rechten Oberschenkels einer Frau von Krämpfen befallen wurde, entstand die Empfindung, als wenn das ganze Bein durch irgend eine äußere Gewalt von der großen Zehe aus gehoben würde [2]). Wenn der Stumpf verhältnißmäßig bedeutende Knochenwucherungen an seinem Ende hat oder in allen seinen Theilen durch feste Verwachsungen und das Einziehen der Narbe gespannt oder sehr atrophisch ist, so hat der Kranke bisweilen fortwährendes Ameisenlaufen in der fehlenden Extremität und zwar vorzüglich in der Hand oder dem Fuße. Ein solcher Myrmecismus tritt immer hervor, sobald der Ueberrest des Gliedes aus irgend einem Grunde einschläft oder mit einem Turniquet oder einer Ligatur eingeschnürt wird. Der Gang der Erscheinungen ist der gleiche, wie an gesunden Körpertheilen. Zuerst wird die Hand oder der Fuß, dann der Vorderarm oder der Unterschenkel u. s. f. afficirt.

Oertliche Reizungen der einzelnen Nervenstämme rufen auch beschränktere Empfindungen hervor. Drückte man bei einem Oberschenkelamputirten nur die Stelle, an welcher der N. ischiadicus verlief, so zeigte sich das Ameisenlaufen zuerst in der großen Zehe, dann in den übrigen Zehen und der nächsten Parthie der Oberfläche des Fußes, hierauf in der Fußsohle, besonders der inneren Hälfte derselben, später mit vorzüglicher Lebhaftigkeit in der Ferse, dann in der Wade und leiser auf den beiden unteren Dritttheilen der Oberfläche des Schienbeines, lebhafter dagegen an dem oberen Dritttheile des letzte-

---

[1]) Rhone a. a. O. p. 18. 19.

[2]) Schwarz in Gräfe u. Walther's Journal für Chirurgie. Bd. XV. S. 157. 158.

ren dicht unter dem Knie, seltener an diesem und endlich zuletzt nur leise in dem mangelnden Oberschenkelstücke. Ein nur auf den N. cruralis ausgeübter Druck dagegen rief im Ganzen die Gefühle langsamer hervor. Zuerst schliefen wieder die große Zehe und bald darauf die übrigen Zehen nebst deren Nachbartheilen am Fußrücken ein. Der Myrmecismus trat dann nur schwach an der inneren Seite der Sohle, stärker in der Ferse, mäßig an der Innenseite des Unterschenkels, später, aber heftiger in der Wade, dann in der ganzen Gegend des Schienbeines und dicht unter dem Knie und endlich erst nach längerer Zeit am Oberschenkel und dem Ende des Stumpfes hervor. Bei anderen Kranken bewirkte Reizung des N. cruralis die Empfindung des Prickelns in der Rücken-, solche des N. ischiadicus dagegen in der Plantarfläche der Zehen [1]). Mit einem Worte, die täuschenden Gefühle beobachten denselben Gang, wie die Empfindungen des Einschlafens bei gesunden Gliedern. Denn auch hier schreitet das Prickeln von den Fingern und Zehen weiter nach oben fort.

Aehnliche Erscheinungen zeigen sich selbst in Betreff der Muskelbewegungen. Wir haben schon oben gesehen, daß eine Person, welche die Exarticulation ihres linken Oberschenkels überstanden, bei Bewegung der Muskelüberreste des Gesäßes die Empfindung hatte, als beuge sie die große Zehe. Ein Mann verlor in Folge eines Unglückes bei Steinarbeiten beide Augen und die rechte Hand. Die Narbe des Stumpfes konnte durch die Zusammenziehung der Ueberreste der Flexoren herabgezogen werden. Dem Menschen kam es dann vor, als wenn die amputirte Hand eingedrückt würde. Legte man den Finger auf die Narbe und ließ die genannte Bewegung vornehmen, so hatte er das Gefühl, als wenn er den ersteren mit seiner Hand umfaßte und drückte. Im ruhigen Zustande erschienen ihm die Finger immer flectirt, so daß er sie nicht strecken zu können glaubte [2]). Viele Amputirte, die früher längere Zeit an Biegungen des Kniees gelitten, fühlen auch ihr verlorenes Bein in einer gekrümmten Stellung. Es ist möglich, daß dieses durch die vorangegangenen habituellen Verhältnisse bedingt würde. Allein nicht minder denkbar bleibt es, daß bisweilen ein materielles Verhältniß dieser Täuschung zum Grunde liege. Ist nämlich das Gleichgewicht der Muskeln des Oberschenkels im Stumpfe gestört, so wird die Narbe nach hinten gezogen. Denken wir uns dieses im subjectiven Bewußtsein wiedergegeben, so muß es als Flexion des Kniees aufgefaßt werden. Die Thatsache, daß der gefühlte Fuß nicht auf den Boden aufgesetzt werden kann, unterstützt dann die Täuschung.

Die Ursachen dieser Integritätsgefühle wurden in sehr verschiedenen Verhältnissen gesucht. 1) Man sah sie für bloße Folgen der Gewohnheit an. Der Mensch, der so lange seine Extremität besessen, könne sich nicht sobald in den Verlust derselben hineindenken. Diese Ansicht konnte höchstens so lange gelten, als man glaubte, daß die Integrationsperceptionen nur einige Zeit nach der Operation dauern, später dagegen verschwinden. Ueberdies zeugt das Verharren des Gefühls trotz allen Gegenbeweises der Sinne und des Bewußtseins gegen eine solche Erklärung. 2) Man setzte voraus, daß die vorhandene Extremität den Ergänzungsgrund der mangelnden bilde. Daß dieses nicht der Fall sei, beweisen die Integrationsverhältnisse von Personen, die beide Füße verloren haben. 3) Eine dem gegenwärtigen Stande der Nervenphysiologie entsprechende Annahme bestände darin, daß man die Perception als eine Reflexthätigkeit auffaßte. Wir werden nämlich bei dieser sehen, daß Muskelzusammenziehungen Empfindungen veranlassen können. Indem nun die Ueberreste der Muskeln im Stumpfe thätig bleiben, erzeugt sich auf diese Weise die Perception des vorhandenen Gliedes. Allein abgesehen davon, daß hierbei die Versetzung nach der verlorenen Peripherie und das Auftreten der Empfindung während der Ruhe immer noch zu erklären bliebe, müßten Personen, denen der Oberschenkel aus der Hüfte exarticulirt worden, in geringerem Grade als solche, denen er in der Mitte abgenommen wurde, den genannten Täuschungen unterliegen.

Wie es scheint, dürfte daher eine andere Hypothese, welche zugleich eine Erläuterung für alle Erscheinungen der peripherischen Reaction abgeben kann, das Problem am besten erläutern. Wir wissen, daß die Primitivfasern der einzelnen Körperorgane nach dem Gehirn verlaufen. In diesem Centralwerkzeuge hat jeder Theil seinen Repräsentanten. Es bildet auf irgend eine uns noch unbekannte Art den Abdruck aller Körperorgane.

---

[1]) Rhone a. a. O. S. 13. [2]) Ebendaselbst S. 21. 22.

Denn nur hierdurch kann jeder von ihnen der Einwirkung unseres Bewußtseins unterworfen bleiben. Erfolgt an einer bestimmten Stelle des Gehirns eine Veränderung, welche eine Nervenfaser der großen Zehe afficirt, so wird die Wirkung in diesem peripherischen Theile als dem symmetrischen Complementarstücke aufgefaßt. Sie ist daher die gleiche, es möge die centripetal fortgeführte Anregung in der Nähe ihres peripherischen Endes oder an einer Stelle ihres Verlaufes oder im Gehirn selbst Statt finden. Daher die allgemeinen Aeußerungen des Gesetzes der peripherischen Reaction. Wird der Fuß amputirt, so ändert dieses nicht die Verhältnisse der Centraltheile, welche deshalb auch wie im ganz gesunden Zustande thätig bleiben, d. h. die Integration des verstümmelten Körpers bedingen. Daß diese auf gewissen materiellen Einrichtungen beruhen müsse, zeigt auch schon das Vorherrschen der Endglieder bei den genannten Ergänzungen. Wenn ein Mensch z. B. sein Bein wegen der schmerzhaftesten Kniekrankheit verloren hat, so fühlt er nicht nach seiner vollkommenen Heilung vorzugsweise das Knie, sondern den Fuß. Man wird finden, daß die Perception des letzteren oder der Hand bei allen Amputirten vorherrscht und die Wahrnehmung des Unterschenkels oder Vorderarmes, des Ellenbogens oder Kniegelenkes unter den gewöhnlichen Verhältnissen ausbleibt oder sehr schwach ist. Wahrscheinlich hängt dieses mit dem Maximum der Tastempfindlichkeit, welche der Hand und dem Fuße verliehen worden und den diesem entsprechenden centralen Einrichtungen zusammen.

Eine fernere Bestätigung der eben erläuterten Grundansicht bildet, wie es scheint, die Thatsache, daß Menschen, welche mit mangelhaften Extremitäten geboren worden, unter manchen Verhältnissen vollständig wie die Amputirten integriren. Ein 19jähriges Mädchen und ein in den Vierzigen befindlicher Mann, die beide nur eine normale Hand hatten, während an der anderen statt der Finger kleine weiche Hautwärzchen ohne Knochen und Muskeln vorhanden waren, glaubten, daß sie ihre nicht vorhandenen Finger einschlügen, wenn sie ihren Handstumpf flectirten. Kitzeln jener Warzen oder eine Ligatur um den Vorderarm erzeugten dieselben Erscheinungen, wie bei einem Amputirten, und ein Druck auf den N. ulnaris Ameisenlaufen in den äußeren Fingern. Dagegen stellte ein 20jähriges Mädchen, welches an beiden Händen nur den kleinen Finger besaß, alle Integration der fehlenden Theile in Abrede. Eben so gaben Personen, die mit einem sehr verkürzten Arme geboren worden, die Länge dieser verkümmerten Extremität größer an, als sie wahrhaft war. Ein Individuum, dessen rechter Vorderarm fast gänzlich fehlte, so daß die verkleinerte Hand an dem Ellenbogen ansaß, hatte das Bewußtsein, als sei seine kranke Extremität fast eben so lang und normal, als die gesunde. Anderseits integrirte ein 25jähriges Individuum, dem fast alle Endabtheilungen der vier Extremitäten mangelten, weder im Wachen noch im Traume (Heermann). Halten wir die oben erwähnte Theorie fest, so läßt sich ein hypothetischer Erklärungsgrund für diesen Wechsel der Erscheinungen bald auffinden. Alle solche Verstümmelungen sind Hemmungsbildungen, die sich entweder nur auf die peripherischen Gebilde oder auch auf die ihnen entsprechenden centralen Theile beziehen. Sind nur die ersteren ohne die letzteren unvollständig, so wird Integration Statt finden, sonst dagegen nicht. Diese Vervollständigung muß aber, wenn nur eine Extremität defect ist, leichter werden, weil die Vollkommenheit der Anderen die genügende ideelle Auffassung des fehlenden im hohen Grade begünstigt.

Einzelerfahrungen in Betreff aller dieser Phänomene der Integrationsgefühle finden sich in: Lemos diss. quae dolorem membri amputati remanentem explicat. Halis, 1798. 8. Gruithuisen Anthropologie oder von der Natur des menschlichen Lebens und Denkens, für angehende Philosophen und Aerzte. München, 1810. 8. S. 280. 81. Joh. Müller Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 705—707. Hecker's neue wissenschaftliche Annalen der gesammten Heilkunde. Bd. III. Berlin, 1836. 8. S. 291—299. Repertorium Bd. I. S. 328—337. De functionibus nervorum. Bernae et Sangalli, 1839. 4. p. 82. 83 G. Th. Rhone De sensuum mendaciis apud eos homines, quibus membrum aliquod amputatum est. Halis, 1842. 8. p. 9—24.

Eine fernere nothwendige Folge des Gesetzes der peripherischen Reaction 1325
ist die Thatsache, daß die Versetzung der Endgebilde, welche bestimmten Primitivfasern entsprechen, die Beziehung der Empfindung auf den ursprüng-

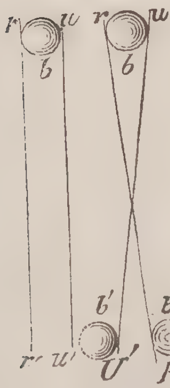
lichen Ort wenigstens im Anfange nicht ändert. Gesetzt, ab sei eine sensible Primitivfaser mit ihrem entsprechenden Centralgebilde c und ihrem Hautstücke d, so wird eine jede Empfindung, welche ab trifft, auf d bezogen. Schneidet man nun d aus und verpflanzt es nach e, so wird ein bei e angebrachter Reiz im Anfange und so lange ab′ dem ursprünglichen ab entspricht, nicht in e, sondern in d wahrgenommen. Einen Beleg hierfür haben wir bei der einen Operationsweise der künstlichen Nasenbildung. Hat man ein dreieckiges Stück aus der Stirnhaut ausgeschnitten und nach unten umgeklappt, um es statt der fehlenden Nase an den vorhandenen Nasenstumpf anzuheften, so fühlt der Mensch, so lange noch eine Verbindungsbrücke mit der Stirnhaut existirt, seine neue Nase noch nicht. Jede Berührung derselben macht auf ihn denselben Eindruck, als sei seine Stirnhaut in Erregung gesetzt worden. Diese Täuschung hört erst auf, nachdem man später das Verbindungsstück durchschnitten hat. Ist eine vollkommene Verwachsung mit dem Stumpfe eingeleitet, so sind im Anfange alle Wahrnehmungen sehr unbestimmt, werden aber später auf die richtige Stelle und nicht mehr auf die Stirn bezogen. Offenbar sind dann heterogene peripherische Endstücke der Primitivfasern zusammengewachsen und der Fall kommt dann in die schon §. 1320 erläuterte Kategorie der gegenseitigen Vereinigung verschiedener sensibler Nerven.

Fig. 212.



1226 Die Erklärung des §. 1299 angeführten Doppeltfühlens einer Kugel wurde nach demselben Principe gegeben (Joh. Müller)[1]. Wenn z. B. eine solche b bei dem gewöhnlichen Tasten von der Ulnarseite des Zeigefingers uu′ und der Radialseite des Mittelfingers rr′ befühlt wird, so giebt jeder der beiden Finger die Idee eines Bogenabschnittes, dessen Convexität der des anderen zugekehrt ist. Die Phantasie ergänzt daher die Empfindung zur Perception einer vollständigen Kugel. Sind dagegen die Finger gekreuzt, so daß die Betastung durch die Radialseite des Zeigefingers rR′ und die Ulnarfläche des Mittelfingers uU′ erfolgt, so stört dieses die ursprüngliche Lage der Theile im Gehirn U′ und R′ nicht im geringsten. Die Auffassung bleibt daher die gleiche, als wären die beiden Finger nicht gekreuzt worden. Der Eindruck bei r giebt daher den Eindruck eines Bogentheiles, dessen Concavität nach der Radialseite, und die bei u einen solchen, dessen Vertiefung nach der Ulnarseite gerichtet ist, d. h. beide wenden sich von einander ab, wie es bei zwei Kugeln der Fall, bei einer hingegen unmöglich ist. Die Phantasie bedingt daher die Vorstellung des Doppeltfühlens statt der einfachen Empfindung. Diese Täuschungen treten aber um so schärfer hervor, je mehr auch die zum Versuche gebrauchte Combination der tastenden Theile unter

Fig. 213.



[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 708.

den gewöhnlichen Verhältnissen gleichzeitig functioniren. Der doppelte Eindruck erscheint daher schwächer oder bleibt bei manchen Menschen ganz aus, wenn man die Kugel mit den Ulnarseiten des rechten und des linken Zeigefingers berührt.

Jede Nervenfaser reagirt, wie wir schon früher (§. 579) sahen, in 1327
ihrer eigenthümlichen Hauptenergie, der Reiz, welcher sie trifft, möge welche Eigenschaften er wolle besitzen. Hat sie aber die Fähigkeit, ihre Thätigkeitsäußerungen in mannichfacher Weise kund zu geben, so hängt es von uns noch unbekannten Verhältnissen oder, wie man sich im Allgemeinen ausdrückt, von der Art und dem Grade des Irritamentes und der Stimmung des Nerven ab, welcher Erfolg zu Stande kommt. Es erscheinen daher dann bei inadäquater Reizung mannichfache subjective farbige oder farblose Bilder, höhere oder tiefere Töne, welche das Ohrensausen darstellen, eigenthümliche Geruchs- und Geschmacksempfindungen, so wie die Gefühle des Juckens, Kriechens, Brennens, des Kitzels, der Wollust, der Kälte und der Wärme. Wir haben auch schon bei den Sinnesorganen gesehen, auf welche Art diese Verschiedenheiten der Auffassung bei den objectiven Thätigkeiten mittelst der Eigenthümlichkeiten der adäquaten Reize zu Stande kommen. Es bleibt uns daher hier nur noch zu erläutern übrig, inwiefern diese Momente die Thätigkeitsverhältnisse der Nerven stören, oder wenn die letzteren geschwächt sind, erhöhen und unangemessene Wirkungen erzeugen.

Die eigenthümlichen Energien der einzelnen Nervenfasern bedingen 1328
es, daß gewisse Impulse, welche von manchen von ihnen mit der größten Feinheit wahrgenommen werden, auf andere ganz wirkungslos bleiben oder nur schwache Effecte zur Folge haben. Die Einströmung des Lichtes wird von keinem anderen als dem Sehnerven unmittelbar aufgefaßt. Die Erzitterungen vorzüglich fester oder tropfbar flüssiger Körper, welche starke Töne hervorrufen, erscheinen dem Gefühle nur als Bebungen, als eine Reihenfolge leichter Stöße. Die Strömungen der riechenden Luft kommen uns auf keinem anderen Wege als durch das Geruchsorgan zum Bewußtsein.

Jeder stärkere *mechanische Eingriff*, welcher die Continuität der 1329
Nervenprimitivfasern stört, ruft die Aeußerung der eigenthümlichen Energie während oder bald nach der Verletzung und in der Folge Lähmung hervor (§. 628). Der Schmerz, welcher in diesem Falle bei sensiblen Nerven entsteht, erregt bisweilen, wenn der getroffene Stamm einen größeren Umfang hat, allgemeinere Erscheinungen, wie Schauer und Zittern am ganzen Körper, und erstreckt sich auch in manchen Fällen centripetal nach dem Rückenmark und dem Gehirn [1]). Wir müssen aber bei allen solchen Verwundungen, die chirurgischer Zwecke wegen unternommen werden, den früher erläuterten Gesetzen der Leitung gemäß als Regel anneh-

[1]) Ein Beispiel der Art bei Zerschneidung des N. ischiadicus wegen Nervenschmerzen im Fuße s. *Malagodi* in *Froriep's* Notizen. Bd. XXX. Weimar, 1831. 4. Nro. 649. S. 170. 71.

men, daß wenn ein Nerv zwei Mal getrennt werden soll, das centralere Stück zuerst zu durchschneiden ist, weil natürlich dann das peripherische keine weiteren Beschwerden bei seiner Verwundung veranlaßt. Hätten wir also z. B. ein Neurom des N. peroneus zu erstirpiren, so muß der erste Nervenschnitt oberhalb und der zweite unterhalb der Geschwulst geführt werden. Der umgekehrte Gang könnte nur unter besonderen später zu erwähnenden Stimmungsverhältnissen der Nerven, auf welche wir nie mit Bestimmtheit rechnen können, mit keinen unnöthigen Qualen des Kranken verbunden sein. Jede Unterbindung des Nerven wirkt wie eine langsame Durchschneidung, d. h. sie erregt heftigen Schmerz und unterbricht die Leitung vollständig, wenn alle Primitivfasern des Stammes durch ihren Druck getroffen werden.

Gleichwie eine sehr rasche Durchschneidung eines motorischen Nerven keine Zuckungen hervorruft (§. 628), so verursacht sie auch bei sensiblen Primitivfasern weniger Schmerzen als eine langsame. Beiderlei Thatsachen lassen sich häufig bei Amputationen beobachten. Wird der Hüftnerve z. B. schnell getrennt, so zucken oft die Muskeln der Wade und des Fußes gar nicht oder nur schwach, während der Kranke den augenblicklichen auch noch so heftigen Eingriff leichter übersteht. Umgekehrt bedingt eine ganz allmählige Zerrung, wie wir bei Neuromen, drückenden Geschwülsten der Nachbartheile des Nerven, Knochenvereiterungen u. dgl. sehen, die furchtbarsten Leiden. Die Minimalwirkungen, welche hier unaufhörlich Statt finden und sich auch durch ihre Effecte kund geben, lassen sich bisweilen bei der mikroskopischen Untersuchung erkennen. Während nämlich die Primitivfasern eines Nerven, der z. B. durch den Druck der Pincette an einer Stelle seines Verlaufes unthätig geworden, hier Unterbrechungen des Zusammenhanges des Nerveninhaltes darbieten, ist dieses nicht immer in sehr schmerzhaften Geschwülsten der Fall. Oft finden wir die Fasern in ausgedehnten Strecken verletzt; oft dagegen zeigen sie nur einzelne Stellen, an welchen sie, indem sie z. B. in die ätzenden Absonderungsfluida hineinreichen und auf diese Art einer fortwährenden chemischen Reizung ausgesetzt waren, verändert oder zerstört worden sind. Manche von ihnen werden in Neuromen und anderen drückenden Geschwülsten geradezu zur Atrophie und zum Verschwinden gebracht. Der Nerveninhalt erblaßt und vermindert sich wahrscheinlich nach und nach, so daß die Faser zuerst schmäler erscheint, dann auf ihre Scheidenbildung reducirt wird und endlich ganz wegfällt. Bisweilen findet man auch das öligte Contentum weicher, oder es eristirt nur noch an einzelnen isolirten Stellen in Form von Oeltröpfchen oder geronnenen Klümpchen.

Ein allmäliger Druck, der, wenn er kürzere Zeit dauert, bloßes Einschlafen der Glieder erzeugt, kann durch längere Einwirkung Lähmung hervorrufen. Es ereignet sich bisweilen, daß Menschen, welche einen starken Druckverband ausgehalten, deren gebrochenes Glied Wochen lang mit erhärtetem Kleister umgeben war, eine Paralyse der Empfindung der entsprechenden Theile darbieten, ohne daß gerade ein verhältnißmäßig beträchtliches Hinderniß der Blutcirculation angenommen werden kann. Lahme, welche anhaltend an Krücken gehen, leiden bisweilen an Schwäche der Arme und localen Schmerzen der Achselgrube [1]).

1330 Wir haben schon früher (§. 631) gesehen, daß ein motorischer Nerv wenigstens des Frosches ohne Verlust seiner Reizbarkeit ungefähr dieselbe Temperatur wie die Muskelsubstanz selbst ohne Zerstörung ihrer Contractilität und eine entsprechende Veränderung ihrer Cohäsion aushalten kann. Daß auch das gleiche Gesetz für sensible Fasern gelte, läßt sich aus folgendem Versuche entnehmen. Man enthauptet einen Frosch und läßt ihn einige Minuten liegen, damit eine Affection seiner äußeren Haut,

[1]) Mayo a. a. O. S. 130 u. 191.

d. h. ein sensibler Reiz nach den später zu erläuternden Gesetzen des Reflexes Bewegung hervorruft. Zieht man nun durch den obersten Theil des Rumpfes einen Faden und taucht das Ganze in Wasser von 25° C., so wirkt die erhöhte Temperatur desselben als sensibler Hautreiz, so daß die lebhaftesten Reflexbewegungen von selbst entstehen. Die Wärme der Flüssigkeit konnte bei meinen im August an lebhaften und großen Fröschen angestellten Versuchen bis 45° C. gesteigert werden, ohne daß sich das Resultat änderte. Nur äußerst schwache Reflexbewegungen kamen in Einzelfällen bei 47° C. zu Stande. Oft dagegen blieben sie hier schon gänzlich aus, und es zeigten jene §. 631 erwähnten Erscheinungen der Kochung, welche im December schon bei 42° C. zum Vorschein kamen.

Taucht man den Hüftnerven eines präparirten Froschschenkels in 1331
Wasser von 30° bis 40° C., so erhält man nicht selten im Momente des Einsenkens eine momentane Zuckung. Sie erscheint aber in manchen Fällen erst bei dem Herausnehmen aus der Flüssigkeit, so daß diese Wirkungsweise gewissermaßen an die Erscheinungen der Oeffnungszuckungen der galvanischen Ströme (§. 643) erinnert. Bei nicht sehr reizbaren Schenkeln bleiben beiderlei Resultate aus. Senkte ich den Nerven in Wasser von 57° bis 58° C., so zeigte sich bisweilen keine bloß augenblickliche Zusammenziehung, sondern der Gastrocnemius und der Soleus blieben längere Zeit verkürzt und verdickt.

So lange die höhere Temperatur als bloßer vorübergehender Reiz 1332
gewirkt hat, bieten die Primitivfasern keine Abweichung vom Normalzustande unter dem Mikroskope dar. Es fehlen selbst die Veränderungen, welche sonst durch Wasser, das freilich in der Regel kälter ist, bedingt werden. Ist dagegen die Reizbarkeit durch die höhere Wärme der Flüssigkeit zerstört worden, so finden wir auch immer diesen Eingriffen parallel gehende materielle Veränderungen. Lag ein Nerv weniger als eine Minute in Wasser von 45° C., so zeigt er sich zusammengeschrumpft. Er läßt sich im Ganzen leichter als im frischen Zustande spalten und bietet Primitivfasern dar, welche durchgehends eine geringere Breite und einen grauen, minder durchsichtigen, geronnenen oder sonst veränderten Inhalt besitzen. Befand er sich nur wenige Momente in Wasser von 56° bis 58° C., so sind die Ränder des Nerveninhaltes häufig wellig gekräuselt, während in der übrigen Masse desselben viele rundliche bis länglichrunde Körperchen, die gewissermaßen an wiedererstarrte Oeltropfen erinnern, wahrgenommen werden.

Was die niederen Temperaturgrade betrifft, so schwächen sie die 1333
Nervenkraft und lähmen sowohl die Thätigkeit der Empfindung (§. 1300) als die Bewegung (§. 631). Der wahrscheinlichste Grund hiervon liegt darin, daß der so sensible halbflüssige Nerveninhalt in stärkerem oder geringerem Grade erstarrt und zur Leitung untauglicher wird. Diese schwachen Consistenzveränderungen lassen sich kaum in ihren ersten Anfängen unter dem Mikroskope verfolgen.

Wenn noch die menschliche Hand eine Wärme von 71°,5 C. während 3,5 Secunden aushält (E. H. Weber), so hat dieses vermuthlich darin seinen Grund, daß die Oberhaut als

kältere Substanz und schlechter Wärmeleiter die Hitze, welche sie afficirt, erst nach einiger Zeit durch sich hindurchdringen läßt.

Daß eine der Temperatur des Körpers entsprechende äußere Wärme alle Functionen und mithin auch die des Nervensystemes in hohem Grade fördert, zu große anhaltende Hitze dagegen eine örtliche und allgemeine Erschlaffung nach sich zieht, haben wir schon früher (§§. 109—117) wahrgenommen. Eine andere Frage ist jedoch, ob geschwächte oder gelähmte Nerven verschieden reagiren, je nachdem die höhere Temperatur aus diesem oder jenem erregenden Körper ausströmt. Während wir diesen Punkt von rein physikalischem Stande verneinend beantworten müssen, scheinen die vorurtheilsfreien Erfahrungen der praktischen Medicin keine anderen Resultate zu liefern. Die feuchte Wärme, wie sie von einem Breiumschlage geliefert wird, stillt zwar manche Schmerzen weit eher als die trockene eines festen Körpers. Allein offenbar findet hier noch eine Nebenwirkung der Flüssigkeit auf das Blut, welches überdies in dem Kataplasma etwa enthaltene Narcotica aufnehmen kann, Statt. Ob aber das Eintauchen gelähmter Glieder in das noch dampfende Blut frisch geschlachteter Thiere besondere Vorzüge und andere Wirkungen, als die der Wärme darbiete, steht dahin.

1334 Die **Elektricität** bildet einen der mächtigsten Erreger der Nerventhätigkeiten. Hierbei kommt zunächst, abgesehen von der absoluten Stärke des elektrischen Stromes, der Leitungswiderstand in Betracht. Wir haben schon früher (§. 117) bemerkt, daß der unseres Körpers zwar geringer, als der von Wasser bei 37°,7 C., dagegen um Vieles stärker, als der von Metallen, z. B. Kupfer ist. Er fällt aber nicht bloß bei verschiedenen Individuen verschieden aus, sondern seine Größe hängt auch bei einem und demselben Menschen unter sonst gleichen Verhältnissen, wie die Versuche von Ptschelnikoff und Lenz[1]) erhärten, von mannichfachen Nebenumständen ab.

1) Er wird im Allgemeinen schwächer, wenn sich die den elektrischen Strom aufnehmende Fläche vergrößert. Bedient man sich zu diesem Zwecke nur der Finger, so stehen beide Größen in annähernd umgekehrtem Verhältnisse zu einander. So z. B. verhielten sich die Leitungswiderstände bei dem Gebrauche je eines oder zwei oder vier Finger beider Hände = 34,09 : 19,20 : 9,10 = 3,746 : 2,110 : 1. Wurden dagegen die Hände im Ganzen eingesenkt, so fiel der Widerstand verhältnißmäßig größer aus, als sich der Oberflächenvermehrung nach erwarten ließ. Er betrug in dem erwähnten Falle 6,06, oder, wenn man den Werth der vier Finger = 1 setzt, 0,666. Möglicher Weise kann dieses davon herrühren, daß die Tastempfindlichkeit und der Nervenreichthum an den Fingern bedeutender als an der übrigen Hand ist. Wollen wir daher bei der medicinischen Anwendung der Elektricität den Strom möglichst benutzen, so müssen wir eine große und empfindliche Contactfläche der Haut gebrauchen.

2) Schon die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein bedeutender Theil des Leitungswiderstandes durch die Epidermis bedingt wird. Ist sie dünner oder fehlt sie sogar, so wird er schwächer und die Wirkung deshalb größer. Ein galvanischer Strom, der uns sonst nicht afficirt, wird schmerzhaft, wenn er durch eine noch so kleine Wunde geht oder gar seine Elektroden

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik u. Chemie. Bd. LVI. Leipzig 1842. 8. S. 429—41. Die im Folgenden angeführten Zahlen der Leitungswiderstände beziehen sich auf den von den genannten Forschern gebrauchten Clarke'schen magnetelektrischen Apparat. Will man sie auf die eines Kupferdrahtes von 1 engl. Meile Länge und 1 Millimeter Dicke beziehen, so muß man sie mit 43795 multipliciren.

auf diese selbst oder eine Epithelialstelle applicirt werden. Das Gleiche bekräftigen auch die numerischen Bestimmungen. Wurde z. B. als Verbindungsflüssigkeit Wasser, das 1 % Vitriolöl enthielt, gebraucht, so zeigte sich bei Berührung mit unverletzten Händen ein Widerstand von 6,06. Er sank aber auf 4,81, als sich an der einen Hand eine kleine blutige Schramme befand.

3) Eben so fällt er je nach Beschaffenheit der verbindenden Flüssigkeit verschieden aus. Quecksilber z. B. setzt ihn weniger als die Berührung der Messinghalter der magnetelektrischen Maschine mit feuchten Hautstellen herab. Noch günstigere Verhältnisse zeigen sich, wenn man als Leitungsflüssigkeit Wasser mit 1 % oder gar 4 % Vitriolöl anwendet. Die Durchfeuchtung und Anätzung der Oberhaut spielt hierbei die Hauptrolle. Endlich

4) steht die Intensität des Schmerzes, welchen ein elektrischer Schlag verursacht, in keinem directen Verhältnisse zu den abweichenden Größen des Leitungswiderstandes, welchen verschiedene Personen darbieten. Ein Mensch kann einem galvanischen Strome eine geringe Resistenz wegen der Beschaffenheit seiner Körperorgane und vorzüglich seiner Oberhaut entgegensetzen und nichts desto weniger unbedeutendere physiologische Empfindungen darbieten, und umgekehrt. Denn die Empfänglichkeit des Nervensystemes, die übrigens weder durch Alter noch durch Geschlecht direct bestimmt wird, bildet den unmittelbaren Factor der Schmerzenswahrnehmungen.

Der Leitungswiderstand der bloßen Nerven ist bis jetzt noch nicht numerisch ermittelt worden. Allein sowohl die fettige Beschaffenheit des Nerveninhaltes als einzelne bei physiologisch-elektrischen Versuchen zu beobachtende Erscheinungen lassen mit Recht auf eine verhältnißmäßig bedeutende Größe desselben schließen. Nach Matteucci[1]) leiten zwar die Nervenfasern den galvanischen Strom etwas besser als die Gehirnsubstanz, werden aber in dieser Hinsicht von den Muskeln ungefähr um das Vierfache übertroffen.

Der Einfluß, welchen die Elektricität auf die Nerven ausübt, hängt 1335
außerdem noch von zwei von einander unabhängigen Momenten, nämlich der Reizbarkeitsstimmung der Organe und der Größe des eingeleiteten galvanischen Stromes ab. Was die ersteren Verhältnisse betrifft, so scheinen ebenfalls die wesentlichen Gesetze, welche wir rücksichtlich der Einwirkung galvanischer Ströme auf die motorischen Nerven bei Gelegenheit der Muskelbewegung kennen gelernt haben (§§. 634—659 u. §. 821), auf die sensiblen Fasern anwendbar zu sein. Die Elektricität wirkt zunächst als Reiz und verursacht Schmerzen, deren Größe durch den Grad der Empfindlichkeit des Individuums bestimmt wird. Sie wirkt aber zu gleicher Zeit als örtliches Irritament und erzeugt nicht bloß das Gefühl des Brennens an der afficirten Stelle, sondern kann auch Röthung, Entzündung

---

[1]) C. Matteucci Traité des phénomènes electro-physiologiques des animaux. Paris, 1844. 8. p. 48.

und in Wunden eine Veränderung des Secretes hervorrufen. Wird sie anhaltend, jedoch in mäßiger Quantität und in gehörig berechneten Zwischenräumen eingeleitet, so stärkt sie die Nerven, gleich jedem anderen passend gebrauchten Irritamente. Die häufigen durch sie veranlaßten Nervenströmungen bedingen die gewöhnlichen Folgen der Uebung. Es vergrößert sich die Empfindlichkeit und das Bewegungsvermögen. Uebertreibung ihres Gebrauches schadet einerseits durch Ueberspannung und die ihr nachfolgende Lähmung und anderseits durch die starke Congestion und Entzündung, welche als Begleitungserscheinungen auftreten.

Die Voltaische Alternative und das Marianinische Gesetz gelten wahrscheinlich auch für die Empfindungen unter denselben Beschränkungen, welche schon bei Bewegungserscheinungen angeführt worden (§. 651). Leitet man den positiven Strom einer magnetelektrischen Maschine in einen mit Kehlblasen versehenen männlichen Frosch eine Zeit lang centripetal ein, so hört bisweilen das Thier zu schreien auf und beginnt seine Klagetöne von Neuem, so wie man dieselbe Elektricität centripetal durchführt. Eben so geben manche Frösche einen größeren Schmerz bei dem centripetalen, als dem centrifugalen Durchgange der Elektricität durch ihren Körper zu erkennen. Jedoch bleiben diese Versuche selbst im günstigsten Falle sehr zweideutig, so daß sich aus ihnen höchstens Wahrscheinlichkeitsschlüsse, welche noch durch die Theorie ferner unterstützt werden, entnehmen lassen.

Die tägliche Erfahrung lehrt, daß die Größe des galvanischen Stromes, wenn er entsprechend wirken soll, gewisse Grenzen nicht überschreiten darf. Ist sie zu gering, so bleibt aller Effect aus. Zu große Stärke dagegen lähmt sogleich und hat, wie uns der Blitz und große Batterien lehren, den Tod oder wenigstens Betäubung zur Folge. Eben so versteht es sich von selbst, daß die Reizempfänglichkeit und die Art der Zuleitung die beiderseitigen Grenzen des ohne anhaltenden Schaden thätigen elektrischen Stromes bestimmen müssen. Ein einfaches galvanisches Plattenpaar, welches selbst unsere befeuchtete Haut unafficirt läßt, kann schon in einem Frosche Effecte erzeugen. Wirkt es nicht auf die Epidermis, so greift es auf der Zunge oder in einer Wunde tiefer ein. Ein schwacher elektrischer Strom kann selbst bei frisch getödteten Kaninchen allgemeinere Wirkungen und Zuckungen entfernter Theile durch Ausbreitung innerhalb der feuchten Gewebe bedingen.

Die Bewegungen, welche durch mäßige galvanische Ströme veranlaßt werden, fallen um so stärker aus, je mehr Elektricität in Cirkulation gesetzt worden. Ob aber die Quantität der thätigen Strömung in directem Verhältnisse mit der Stärke der Wirkung stehe, ist noch nicht sicher ausgemacht. Jedoch sprechen dafür theoretische Gründe in hohem Grade (Vgl. §. 821). Wäre dieses der Fall, so müßte sich eine Zahl des durch die Nerventhätigkeit bedingten Krafteffectes der Muskeln, welche einer bestimmten Größe des elektrischen Stromes entspricht, auffinden lassen. Da man die letztere durch eine entsprechende Abweichung einer bekannten Tangentenboussole oder noch besser durch ein Quantum zersetzten Wassers oder oxydirten Zinks ausdrücken kann, so wäre es auf diesem Wege eben so

gut möglich, das elektrische Aequivalent der Nerventhätigkeit zu bestimmen, wie man z. B. das elektrochemische Aequivalent des destillirten Wassers ermittelt hat.

Einen vorläufigen Versuch der Art hat Matteucci [1]) gemacht. Er hing einen bis vier präparirte Frösche an einer Messingpincette auf, band die unteren Extremitäten derselben an dem Tarsus zusammen und befestigte daran einen Eisendraht und an diesen eine Bleikugel. Die beiden letzteren Stücke wogen zusammen 5,5 Grm. Nebenbei war an ihnen ein Strohhalm oder ein anderer Zeiger vor einer Millimeterskala angebracht. Ein Kupferdraht haftete in den Muskeln des Beckens. Der Schluß der zu den Beobachtungen dienenden Säule, welche aus sechs Bunsen'schen Elementen bestand, erfolgte durch diesen Draht und die Pincette.

Matteucci glaubt nun zunächst auf diesem Wege ermittelt zu haben, daß die Lastwirkung der afficirten Muskeln der Größe des galvanischen Stromes innerhalb gewisser Grenzen proportional sei. Die Froschfüße hoben aber im Allgemeinen die Bleikugel, wenn sechs Bunsen'sche Elemente einwirkten, in den 10 ersten Zusammenziehungen um 4, in den 20 folgenden um 3 und den 70 späteren um 2 Millimeter, folglich im Durchschnitt um $\frac{10 \times 4 + 20 \times 3 + 70 \times 2}{100} = 2{,}4$ Millimeter. Nun betrug das Gewicht der Bleikugel 5,5 Grm. und das der Beine 2,86 Grm. Folglich glich die gelieferte Arbeit $(0{,}0055 + 0{,}00286)$ Kilogr. $\times$ 0,0024 Meter = 0,00002064 Kilogr.-Meter. Die durchschnittliche Dauer einer Zusammenziehung war 0,32 Secunde. Es lieferten mithin 300000 Contractionen, welche 96000 Secunden dauerten, eine Arbeit von 6,0192 Kilogramm-Meter. Das während dieser Zeit durch den gleichen galvanischen Strom erzeugte Knallgas betrug 22,5 Cubikcentimeter. Dieses entspricht 43,20 Grm. durch den Strom aufgelösten Zinkes. Reducirt man die Werthe auf 24 Stunden, so erhält man 5,5419 Kilogramm-Meter Arbeitsmenge und 37,7 Grm. Zink. Nun ruft ein Bunsen'sches Paar die gleiche Lastwirkung, wie sechs hervor. Das erstere verhielt sich aber zu dem letzteren, wie das Voltaimeter ergab, = 1 : 565. Es bedingen daher $\frac{37{,}7}{565} = 0{,}066$ Grm. eine tägliche Lastwirkung von 5,5419 Kilogramm-Meter.

Versuche, welche mittelst abgeleiteter Ströme angestellt worden, lehrten ferner, daß ein das Becken des Frosches durchlaufender elektrischer Strom nur mit $\frac{1}{11}$ seiner Größe die Lendennerven afficirt. Mithin kommt jene tägliche Arbeit von 5,5419 Kilogramm-Meter auf 6 Milligramm Zink. Der letztere Werth reducirt sich aber mindestens auf die Hälfte, wenn man bedenkt, daß das Gewicht nur mit dem Ueberschuß der Kraft der Flexoren über die der Extensoren gehoben wird. Man kann daher als Endresultat annehmen, daß eine Säule, die in 24 Stunden 3 Milligramm Zink auflöst, an dem Fuße des Frosches 5,5419 Kilogramm-Meter Lastwirkung erzeugt. Nun würden aber 3 Milligramm Zink in der magnetelektrischen Maschine, z. B. von Jacobi, nur 0,96 und 3 Milligramm Kohle in einer Dampfmaschine 0,8304 Kilogramm-Meter Arbeit geben. Die Muskeln produciren mithin weit mehr, als die Apparate des Menschen mit den gleichen Mitteln hervorbringen.

Betrachten wir diese Mittheilungen genauer, so ergiebt sich, daß das Endresultat noch um Vieles größer ausfallen muß. Die scheinbar einfache Methode nämlich, die Lastwirkung der Muskeln dadurch zu finden, daß man an ihrem unteren Ende ein Gewicht befestigt und nun sieht, wie hoch es gehoben wird, könnte nur dann zu einem sicheren Resultate führen, wenn man schon vorher das Maximum der Last, welche die Muskeln zu bewegen im Stande sind, kennen würde. Ist dieses nicht der Fall, so irrt man sehr, wenn man einen Schluß aus der constant bleibenden Höhe der Hebung der Last auf die mögliche Größe der Arbeit machen will. Denn das Maximum der Verkürzung der Muskeln bildet hier ebenfalls einen wesentlichen Factor. Gesetzt, man fände, daß ein Froschschenkel eine Bleikugel von 8 Grm. bei schwächeren wie stärkeren galvanischen Strömen 4 Millimeter in die Höhe zöge, so ist dadurch noch nicht dargethan, daß das

[1]) Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XI. Paris, 1844. p. 408 fgg.

Maximum der Lastwirkung, auf welches es bei solchen Beobachtungen allein ankommt, 0,000032 Kilogramm-Meter betrage. Denn ein Gewicht von 40 Grm. wird wahrscheinlich auch noch 4 Millimeter gehoben werden. Der constante Werth der letzteren Größe rührt nur davon her, daß sie das Maximum der möglichen Längenverkürzung der Muskelfasern darstellt. Aus diesem Grunde bedurfte es des so complicirten oben S. 176 abgebildeten Myodynamometers, um eine solche Klippe zu vermeiden und absolute Maxima der Kraftwirkung zu erhalten. Bedenken wir nun, daß sich an diesem Instrumente nachweisen läßt, daß 1 Grm. Froschmuskel bei größter Wirkung sehr häufig 2000 Grm. 1 Millimeter hoch heben kann, so müssen wir, wenn wir Matteucci's übrigen Wahrscheinlichkeitsbestimmungen folgen wollen, für eine Zuckung, die 0,32 Secunden dauert, 0,002 Kilogramm-Meter Arbeit annehmen. Dieses giebt für 24 Stunden und 3 Milligramm Zink $\frac{0{,}002 \times 0{,}60 \times 60 \times 60 \times 24}{0{,}32} = 324{,}00$ Kilogr. Meter. Arbeitet aber eine magnetelektrische Maschine mit derselben Menge von Zink 0,96 Kilogramm-Meter, so verhält sich das Thätigkeitsäquivalent derselben zu dem der Froschmuskeln = 0,96 : 324,00 = 1 : 337,50. Diese scheinbar so große Zahl beruht noch keineswegs, wie man sieht, auf etwa angenommenen Maximalwerthen der Wirkung der Muskelcontraction und kann uns auch nicht befremden, wenn wir uns erinnern, daß die Natur in uns nach einer mäßigen Schätzung 125 Mal weniger Kohlenstoff verbraucht, als eine Dampfmaschine für die gleiche Lastwirkung nöthig hat (§. 107).

1336 Ein sehr werthvolles Mittel, um die physiologischen Effecte der Elektricität zu verstärken, besteht in der Anwendung von inducirten oder überhaupt mehr ihrer Intensität als ihrer Quantität nach verstärkten Strömen, welche durch sehr lange und dünne isolirte Kupferdrähte hindurchgehen. Man kann auf diese Weise die heftigsten Wirkungen durch ein einziges Plattenpaar von 1 Quadratzoll Oberfläche erhalten. Sie erscheinen aber nicht bei dem Schlusse, sondern bei der Oeffnung der Kette. Die Funkenbildung erhöht sich im Allgemeinen nach Maaßgabe des stärkeren Einflusses auf den thierischen Organismus. Dagegen zeigt die Abweichung der Magnetnadel eine gewisse Unabhängigkeit von diesen Erscheinungen. Jacobi z. B. wickelte über einen Holzcylinder von 1½ Zoll im Durchmesser einen 800 Fuß langen und ¾ Linie dicken mit seidenem Bande genau umsponnenen Kupferdraht. Wurde nun eine einfache Kette von ½ Quadratzoll Oberfläche mit Einschiebung der genannten Vorrichtung geschlossen, so entstanden bei dem Oeffnen so heftige Schläge, daß sie sich bis über die Schultern des Menschen erstreckten und ihrer Stärke wegen die Wiederholung des Experimentes nicht anriethen [1]). Man nennt einen solchen sehr langen, eingewickelten und mit Seide umsponnenen Kupferdraht eine elektromagnetische oder elektrodynamische oder Inductionsspirale.

Sind aber schon ihre Wirkungen an und für sich bedeutend, so können sie noch wesentlich durch die zweckmäßige Einlegung eines Eisenkernes in ihr Inneres verstärkt werden. Wird nämlich die Spirale von außen mit einer Eisenhülse umgeben, so entsteht keine Vergrößerung der Wirkung. Allein seine Formverhältnisse haben, wenn er sich in dem Innern derselben befindet, einen eigenthümlichen Einfluß. Ein hohler Eisencylinder wirkt in dieser Beziehung stärker als ein solider, ein der Länge nach aufgeschlitzter besser, als ein continuirlicher und ein spiralig eingerolltes Eisen-

---

[1]) Repertorium der Physik. Bd. I. Berlin, 1837. 8. S. 329. 30.

blech vortheilhafter als ein massives Rohr. Eine Menge einfach zusammengebundener Eisendrähte endlich liefert die vortheilhaftesten Bedingungen, so daß sich also diese mit der Größe und der Zahl der Unterbrechungen des Zusammenhanges der eingeleiteten Eisenstücke erhöhen [1]).

Die medicinische Anwendung der Elektricität ist durch die auf diesem Gebiete in unseren Tagen gemachten Entdeckungen der Physik in eine neue Phase getreten. Als die bloße Elektrisirmaschine in früheren Zeiten zu ärztlichen Zwecken zu Gebote stand, hatte man es mit einem Agens zu thun, welches unverhältnißmäßig geringere elektrolytische, als physiologische Wirkungen lieferte. War aber schon hierdurch der nützliche Gebrauch der Elektricität eingeschränkt, so wurde der Uebelstand noch durch den Mangel gehöriger Vorrichtungen, um die Schläge rasch genug hinter einander folgen zu lassen, erhöht. Ist auch dieser Nachtheil durch die Construction mancher Gyrotrope, z. B. des Neef'schen Blitzrades gegenwärtig gehoben, so stehen uns doch jetzt andere elektrische Apparate zu Gebote, welche die gewöhnliche Reibungselektricität entbehrlich machen. Die Entdeckung der galvanischen Säule lieferte zwar ein Mittel, das neben seiner physiologischen auch starke elektrochemische Effecte bedingt. Allein sie hatte selbst abgesehen von der Nothwendigkeit der Anwendung besonderer Gyrotrope den Nachtheil, daß ihre Wirkung mit der Zeitdauer ihrer Thätigkeit und der Oxydation der als Elektromotoren gebrauchten Metalle abnimmt. Hieraus erklärt sich, weshalb man die gewöhnliche Reibungselektricität bis vor wenigen Jahren dem Galvanismus in dieser Hinsicht zum Theil vorzog.

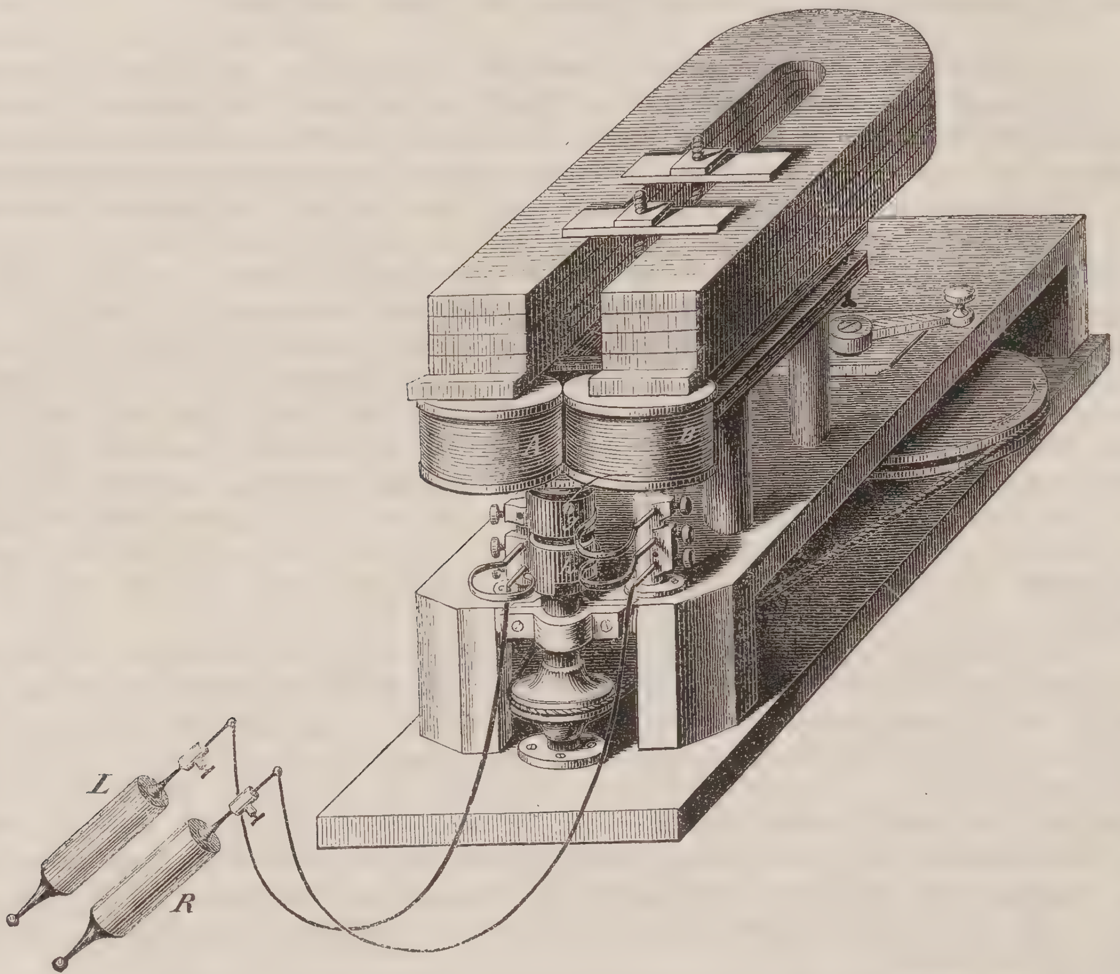
Die elektromagnetischen Rotationsapparate und die elektrodynamischen Spiralen mit oder ohne eingelegte Eisenkerne eliminiren die genannten Nachtheile, so daß sie allein in der Medicin gegenwärtig gebraucht werden müssen. In der That bediente man sich schon zu diesem Zwecke der elektromagnetischen Maschinen von Saxton, Clarke, Steinheil, Keil, Ettingshausen, Stöhrer u. dgl., der elektromagnetischen Spiralen oder Schnecken von Schoenbein, de la Rive und Bonijol und der Magnetelektromotoren von Neef, Wagner und Rosenthal. Die Einrichtung aller dieser Apparate läßt sich leicht durchschauen, sobald man den Haupttypus derselben kennt, weil dann nur untergeordnete Eigenthümlichkeiten der Mechanik jede einzelne Vorrichtung charakterisiren.

Fig. 214 a. zeigt uns den Ettingshausen'schen magnetelektrischen Rotationsapparat zu physiologischen und medicinischen Anwendungen eingerichtet. Mehrere auf einander gelegte, hinreichend starke Hufeisenmagnete stehen mit den Inductionsspiralen, welche durch einen sehr langen, dünnen und übersponnenen Kupferdraht gebildet werden, in Verbindung. Die letzteren lassen sich durch ein Treibrad dergestalt drehen, daß sie mit den in ihnen enthaltenen Eisenkernen unter den Polen der Magnete herumgehen und bald mit ihnen verbunden, bald dagegen von ihnen losgerissen werden. Jeder der Kerne nimmt daher abwechselnd eine Nord- und Südpolarität an. Das eine Drahtende der Spirale ist an einem von der eisernen Umdrehungsachse durch Holz oder Elfenbein isolirten Eisenring g, das andere an dem mit ihm verbundenen Ringe h befestigt. g und h repräsentiren mithin die Drahtenden, und der Kreis ist, wenn sie metallisch verbunden sind, geschlossen. Um aber den menschlichen oder thierischen Körper in die Bahn des erregten elektrischen Stromes zweckmäßig einschalten zu können, dient folgende Einrichtung. Zwei mit mehreren Löchern versehene messingene Pfeiler befinden sich zu beiden Seiten der Rotationsachse. In den rechten kommt eine obere Stahlfeder, welche auf dem isolirten Ring g bei dem Drehen schleift und eine continuirliche Verbindung unterhält. Unter ihr befindet sich eine zweite Feder, welche auf dem unteren Theile von h dahingeht. Diese Portion von h ist aber, wie es auch die Figur andeutet, zur Hälfte ausgeschnitten, so daß daher die rechte Stahlfeder, je nachdem sie h berührt oder nicht, die Leitung vollständig macht oder unterbricht. An dem linken Pfeiler existirt eine dritte Feder, welche auf dem ununterbrochenen oberen Theile von h dahingeht. Von dem rech-

[1]) Eine kurze Zusammenstellung der Resultate der hierher gehörenden Erfahrungen von Sturgeon, Faraday, Magnus u. A. siehe in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 542—44.

ten sowohl als dem linken Pfeiler kommen zwei Drähte mit den Handhaben L und R. Diese werden mit den beiden befeuchteten Händen oder anderen Theilen des menschlichen

Fig. 214 a.



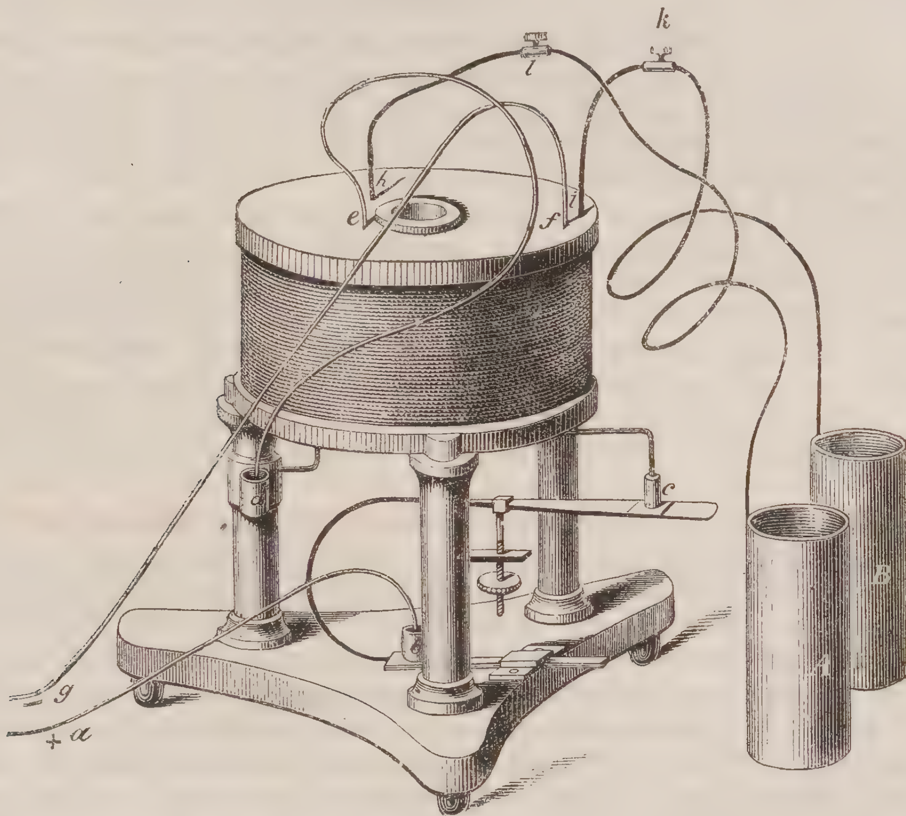
oder thierischen Körpers berührt. Schleift nun die untere rechte Feder auf der vollständigen Hälfte von h, so sind natürlich g und h oder die beiden Theile der Inductionsspirale unmittelbar geschlossen. Gelangt sie dagegen auf die unterbrochene Parthie von h, so schließen erst L und R mit dem zwischen ihnen eingeschalteten Menschen oder Thiere den Kreis. Nun gelangt aber die untere rechte Spirale an den unterbrochenen Theil, wenn die Pole des in den Inductionsspiralen befindlichen Eisenkernes von denen der Hufeisenmagnete abgerissen werden. Der Oeffnungsstrom geht daher dann durch den lebenden Körper und erzeugt seine starken oben angeführten physiologischen Wirkungen.

Die elektromagnetischen Spiralen oder Schnecken reduciren sich darauf, daß man sehr lange umsponnene Kupferdrähte mit oder ohne eingelegte Eisenkerne oder Eisendrahtbündel gebraucht und sie entweder zu inducirten Strömen benutzt oder unmittelbar als Leitungsdrähte anwendet. Der von Neef und Wagner angegebene Magnetelektromotor zeichnet sich noch dadurch aus, daß er selbst die fortwährende Schließung und Oeffnung durch eine angebrachte scharfsinnige Nebenvorrichtung besorgt.

Fig. 214 b. zeigt uns den Apparat ohne die Elektromotoren. Zwei mit verschiedenfarbiger Seide umsponnene Kupferdrähte sind in Form einer Inductionsspirale aufgewickelt. Derjenige Draht, welcher den inducirten Strom erzeugen soll, hat seine beiden Enden in h l und i k. Sie stehen mit zwei metallischen Cylindern oder Handhaben A und B in Verbindung. Die eine Elektrode a b des Elektromotors taucht in ein Quecksilbernäpfchen b. Von hier ist aber eine Verbindung, welche den wesentlichen Theil des Mechanismus, die automatische Schließung und Oeffnung besorgt, mit dem Näpfchen d eingeleitet. Derjenige Fuß des Apparates, an welchem d befestigt ist, besitzt hier einen mit ihm zusammengelötheten Kupferring. Von ihm aus geht ein Kupferdraht horizontal unter der Inductionsrolle und trägt bei c einen kleinen Hammer von Platin, welcher sich auf ein durch einen Kupferdraht mit b verbundenes Platinablatt stützt. Der obere Draht ist

an einer Stelle so platt geklopft, daß er federt und die Bewegung des Hammers c mit Leichtigkeit gestattet. Nun befindet sich im Innern der Inductionsrolle ein Cylinder von

Fig. 214 b.



weichem Eisen, der natürlich im Augenblicke der Thätigkeit des inducirenden Stromes magnetisch wird. Unter ihm liegt an dem oberen Drahte eine Eisenplatte. Diese wird natürlich durch den magnetischen Eisencylinder angezogen und hebt auf diese Art mittelbar den Hammer c von seinem Blatte ab. Der Strom wird daher hierdurch unterbrochen. Das Eisen verliert dann seinen Magnetismus. Der Hammer fällt nieder, und der Schluß erfolgt von Neuem. Die Maschine ist daher im Stande, sich selbst zu schließen und zu öffnen. Eine noch angebrachte Schraube regulirt die Schnelligkeit, mit welcher dieses geschieht.

Man bringt nun das eine Ende e d der inducirenden Spirale in das Näpfchen d, welches, wie wir gesehen, durch den Hammerapparat mit a b verbunden ist, und leitet das andere Ende derselben f g unmittelbar heraus. Denken wir uns nun, daß g f und a b c d e die beiden Elektroden einer galvanischen Säule darstellen, so werden sie einen inducirenden und in A l h und i k B einen inducirten Strom anregen. Sind nun A und B durch einen menschlichen oder thierischen Körper mit einander verbunden, so muß dieser die starken physiologischen Wirkungen der Oeffnungswirkung erleiden.

Es wäre, wie es scheint, das Einfachste, zwischen a und g eine gewöhnliche, z. B. aus 4 Zink-Kupferplatten bestehende galvanische Säule einzuschalten. Da jedoch hier die Wirkung mit der Zeit abnimmt, so ist es vortheilhafter, constante Säulen, z. B. die §. 821 erwähnte Kohlenzinkbatterie oder die Daniel'sche constante Säule zu nehmen.

Der Apparat, dessen sich Rosenthal [1]) bedient, charakterisirt sich vorzugsweise dadurch, daß ein einfacher Draht mit eingelegtem Eisenkerne unmittelbar zur Schließung gebraucht wird und der Mechanismus der Hammervorrichtung in etwas vereinfachter Weise angebracht ist.

Diese elektrischen Ströme können nun zunächst in der Art durch den Körper geleitet werden, daß man die Handhaben mit denjenigen Theilen, welche vorzugsweise der

---

1) Eine Beschreibung und Abbildung desselben siehe in J. Sponholz über die in neuerer Zeit empfohlenen Anwendungsarten der Elektricität in der Medicin, nebst Abbildung und Beschreibung eines einfachen und billigen elektromagnetischen Apparates. Rostock, 1843. 8. S. 12. 13. Fig. 2.

Wirkung ausgesetzt werden sollen, in Verbindung bringt. Will man noch intensivere Effecte hervorrufen, so kann man auch das Einstechen von Acupunkturnadeln zu Hilfe ziehen. Dagegen dürfte es in manchen Fällen von Vortheil sein, elektrische Wasserbäder gebrauchen zu lassen. Man legt dann die beiden Handhaben mehr oder minder entfernt von einander in ein mit Wasser gefülltes Gefäß und bringt den kranken Theil zwischen sie oder in die Nähe derselben. Obgleich nämlich das Wasser sehr gut leitet, so ist doch der elektrische Strom, wie ich mich bei Neef selbst zu überzeugen Gelegenheit hatte, in der die Handhaben verbindenden Geraden am stärksten und nimmt in der Peripherie mit der Entfernung auf eine sehr merkliche Weise ab.

Die Elektroden werden in der Regel von den Aerzten ohne besondere Berücksichtigung der Richtung des durchgehenden Stromes angewendet. Wenn auch diese Art des Gebrauches keine schädlichen Folgen bedingt, so kann es doch in Einzelfällen specieller Lähmungen von Vortheil sein, die Normen des Marianinischen Gesetzes und der Voltaischen Alternative im Auge zu behalten. Man müßte daher positive centripetale Ströme bei den Paralysen sensueller und sensibler, und centrifugale bei denen motorischer Nerven gebrauchen. Eben so wäre die Richtung nach der Einleitung einer größeren Zahl von Strömen zu wechseln, um so die Empfänglichkeit für den galvanischen Strom von Neuem zu erhöhen.

Zu den Leiden, die sich zunächst für die Anwendung des Galvanismus eignen, gehören diejenigen Nervenaffectionen, welche auf einer Erniedrigung der nervösen Thätigkeiten beruhen, mithin Lähmungen, Sinnesphantasmen, Nervenschmerzen und Krämpfe, welche die Folge einer Schwäche der Nerven bilden. Indem die Elektricität die Nerven in Uebung setzt, stärkt sie die von ihnen versehenen Apparate und führt sie zu ihrer normalen Thätigkeit und dem regelrechten Zustande ihrer Reizbarkeit zurück. Diese Wirkungsweise aber, so wie die aufregenden Folgen, welche die Elektricität auf das Blutgefäßsystem ausübt, verbieten natürlich ihren Gebrauch bei allen Schmerzen, welche eine Folge von Entzündungen und ähnlichen Abweichungen darstellen.

Die galvanischen Ströme verändern aber auch offenbar die Ausdünstung und Aufsaugung, wenn sie anhaltend und in stärkerem Maaße eingeleitet werden, und eignen sich daher, leichtere Exsudationsproducte zur Resorption zu bringen. Hierauf beruht wahrscheinlich der heilsame Effect der Elektricität, welcher in älterer und neuerer Zeit bei Zahnschmerzen, Rheumatismen, atonischer Gicht u. dgl., so wie bei Amenorrhö und Dysmenorrhö beobachtet worden ist. Die Exsudationen, welche von R. Froriep[1]) mit dem Namen der rheumatischen Schwiele belegt worden, und die sie begleitenden Nervenverstimmungen weichen sehr oft der anhaltenden und consequenten Einleitung magnetelektrischer oder inducirter Ströme.

Dagegen haben die Vorschläge, die Elektricität als Belebungsmittel des Scheintodes, bei eingeklemmten Brüchen, Volvulus u. dgl. zu gebrauchen, einen bloßen historischen Werth. Eben so wenig kann sie wahrscheinlich bei Fällen von Starrkrampf, alter Epilepsie, Nervengeschwülsten nützen, weil sie die Ursache der Leiden aufzuheben außer Stande ist. Ob sie sich zur Erkenntniß und Entfernung der Bandwürmer eigene, müssen noch fernere Beobachtungen erhärten.

Die thermoelektrischen Wirkungen könnten mit Nutzen zu Hilfe gezogen werden, um alte sinuöse Fistelgeschwüre sogleich auszubrennen; die chemisch-elektrischen, um Secrete zu verbessern, Trübungen feiner Gewebe, wie z. B. der Hornhaut, Katarakten zu heben und Stoffe in das Innere von Geschwülsten überzuführen. Ueber diese Momente, welche sämmtlich noch eines genaueren und vorurtheilsfreiern Erfahrungsstudiums bedürfen, siehe R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. S. 561. 62.

1337 Die chemischen Reize regen entweder die Nerventhätigkeit augenblicklich an, lassen sie aber sonst unverändert bestehen; oder sie zerstören

---

[1]) R. Froriep Beobachtungen über die Heilwirkung der Elektricität, bei Anwendung des magneto-elektrischen Apparates. Erstes Heft. Die rheumatische Schwiele. Weimar, 1843. 8. S. 4 fgg. Vergl. auch J. E. Wetzler Beobachtungen über den Nutzen und den Gebrauch des Keil'schen magnet-elektrischen Rotationsapparates in Krankheiten, besonders in chronisch nervösen, rheumatischen und gichtischen. Leipzig, 1842. 8. und J. Hesse Erfahrungen und Beobachtungen über die Anwendung des magnet-elektrischen Rotationsapparates in Krankheiten. Neubrandenburg, 1843. 8.

sie zugleich für immer oder so lange als keine Wiedererzeugung der Verletzungsstelle Statt gefunden. Sie wirken mithin im ersteren Falle gleich einem vorübergehenden mechanischen Eingriffe, im letzteren dagegen wie eine vollständige Continuitätsunterbrechung des Nerven. Jener schwächere Einfluß kommt ihnen nur dann zu, wenn sie den Nerveninhalt entweder von vorn herein oder vermöge ihrer bedeutenden Verdünnung auf keine wesentliche Weise verändern. Findet dagegen eine Unterbrechung der Leitung Statt, so zeigen sich auch materielle Veränderungen, welche entweder schon dem freien oder erst dem bewaffneten Auge auffallen. Irgend concentrirte Mineralsäuren z. B. bringen den Nerven zum Verschrumpfen. Salpetersäure färbt ihn zugleich gelb bis schmutzig röthlich gelb, Schwefel- oder Phosphorsäure braun. In allen diesen Fällen ist der Inhalt der Nervenfasern theils geronnen, theils zerstört. Kaustisches Kali macht ihn flüssiger und löst ihn nach und nach auf. Diese rein chemischen Wirkungen aber sind bloß örtlich und greifen nie weiter ein, als das chemische Reagens vermöge seiner Application oder mittelst der capillaren Durchtränkung der Gewebe vorzudringen im Stande ist.

Das gleiche Verhältniß kehrt auch bei den Folgen, welche chirurgische Aetzmittel bedingen, wieder. Haben wir z. B. eine Fläche mit festem Höllenstein geätzt, so wird diese allein zerstört. Die Wirkung verbreitet sich in der Regel nicht weiter, und der Schmerz hört, wenn er im Anfange vorhanden war, nach einiger Zeit auf. Legen wir dagegen ein Stück kaustischen Kalis auf eine Hautstelle, so zieht dieses seiner hygroskopischen Beschaffenheit wegen immer mehr Feuchtigkeit an, verbreitet sich den Gesetzen des Endosmose gemäß fortwährend in den Geweben, zerstört daher diese in einem weit größeren Umfange, als die Applicationsstelle betrug, und verursacht einen anhaltenden brennenden Schmerz, indem zugleich immer neue sensible Primitivfasertheile ergriffen werden.

Die Größe der Wirkung aller dieser Reize hängt von der Stimmung 1338
der Nerven, die von ihnen getroffen werden, ab und bietet daher eine Variabilität dar, welche ihr sonst bei der Beständigkeit der veranlassenden Ursachen nicht zukommen würde. Die verschiedenartige Empfänglichkeit, welche wir in dem peripherischen Nervensysteme antreffen, kann zunächst durch die Zustände der Nerven selbst bedingt sein. Alle Momente z. B., welche die Fortpflanzung der Schwingungen des Nervenagens schwächen, müssen auch die Excitabilität herabsetzen und daher geringere Wirkungen bedingen. Aus diesem Grunde ist z. B. die Sensibilität und Motilität eines Gliedes, welches einer bedeutenden Kälte ausgesetzt worden, geschwächt (§. 1333). Ob auch der Mangel der Einwirkung des Blutes hierher gehöre, bleibt dahingestellt. Ein Hund, dessen Aorta unterbunden worden, schleppt zwar seine Hinterfüße wie gelähmt nach, und diese bieten nicht selten ein krampfhaftes Erzittern ihrer Muskeln im Anfange dar. Ein Mensch, welcher die Ligatur der Schenkelarterie überstanden, empfindet oft Ameisenlaufen in der kranken Extremität. Beiderlei Reactionen scheinen dadurch bedingt zu sein, daß die anhaltende Einwirkung der Ernährungsflüssigkeit auf den Nerveninhalt aufhört. Allein auf welche specielle Weise dieser Eingriff sonst wirke, ist noch gänzlich unbekannt. (Vgl. §. 1569.)

Umgekehrt erzeugen gewöhnliche sensible Reize in einem entzündeten

oder neuromatösen Nerven die heftigsten Schmerzenseindrücke, wie sie sonst nur nach den stärksten Einwirkungen vorkommen.

Die nicht strenge Unterscheidung der speciellen Energien der Nerverfasern führte früherhin zu der noch gegenwärtig häufig wiederholten Vorstellung, daß jedes Moment, welches eine ungewöhnlich starke nervöse Reaction hervorruft, mit bedeutenden Schmerzen verknüpft sein müsse. Widerspricht aber schon die tägliche ärztliche Erfahrung diesem Satze, so zeigt er sich auch von rein physiologischem Standpunkte unstatthaft. Die schwächeren Reactionen sensibler Nerven, welche wir als Ameisenlaufen oder als geringere Grade von Druck, Spannung u. dgl. kennen, müssen sich in den motorischen als Zuckungen, die heftigeren Neuralgien der ersteren als Krämpfe in den letzteren gestalten. Wirken die Anregungen nur vorübergehend, so erzeugen sich klonische Zusammenziehungen. Greifen sie dagegen anhaltend und stärker ein, so entsteht Tetanus. Krampf und Neuralgie bilden daher nur die gleiche Uebersetzung der erhöhten Reaction der verschiedenartigen sensiblen und motorischen Primitivfasern.

1339 Ein anderes Moment bildet in dieser Hinsicht die Zugänglichkeit der Nervenfasern für äußere Reize. Je mehr sie der Einwirkung des Irritamentes ausgesetzt sind, um so energischer werden auch die Folgen desselben ausfallen. Die Muskeln verlieren z. B. ihre Motilität kurze Zeit, nachdem sie in kaltes Wasser gelegt worden. Bei dem Gebrauche eines kalten Bades dagegen wirkt die äußere Haut als Schutzmittel, um solche schädliche Wirkungen zu verhüten oder wenigstens zu mildern. Wie wir bei der Betrachtung der Nerventhätigkeiten des Herzens später sehen werden, greifen alle Reize, welche die innere Oberfläche der Vorkammern oder der Kammern treffen, heftiger als die, welche die Außenfläche derselben afficiren, ein, weil ein Theil der Endschlingen der Nervenprimitivfasern unmittelbar unter dem verhältnißmäßig dünnen Endocardium verläuft. Ein aufgeblasenes oder mit warmem Wasser gefülltes Froschherz pulsirt daher häufig stärker als ein solches, das nur von außen der Atmosphäre ausgesetzt ist [1]). Opiumtinctur hebt den Herzschlag nur dann auf, sobald sie mit der Innenfläche, nicht aber, wenn sie mit der Außenfläche des Organes in Berührung kommt.

1340 Wenn aber auch solche örtliche Verhältnisse der peripherischen Nerven die Stimmung derselben bedingen können, so liegen doch ihre häufigsten und wichtigsten Ursachen nicht in ihnen selbst, sondern in den empfangenden oder anregenden Centraltheilen. Schon die gewöhnlichen normalen Lebenserscheinungen liefern uns die deutlichsten Belege dieses Satzes. Sehr intelligente und mit lebhafter Phantasie begabte Personen empfinden die Schmerzen, welche ihnen z. B. eine Verletzung verursacht, bei weitem heftiger als Blödsinnige oder Kretins, die man nicht selten ohne bedeutende Reaction verwunden kann. Ein Mensch, dessen Gedankengang durch andere Dinge absorbirt, der im Augenblicke der Verwundung sehr begeistert, in Wuth oder umgekehrt in tiefen Schmerze versunken ist, spürt einen Schmerz nicht, während sich dieser bei reizbaren Individuen zu der höchsten Energie steigert. Narkotische Gifte, wie z. B. Opium, lähmen einen Nerven örtlich, wenn sie auf dessen Inhalt chemisch ein-

---

[1]) Chr. L. Hoffmann de sensibilitate et irritabilitate partium. Düsseldorpii, 1794. 8. p. 121.

greifen. Haben wir dagegen einen Frosch durch den innern Gebrauch desselben narcotisirt, so erregen die leichtesten Hautreize allgemeine Krämpfe. Diese und ähnliche Erscheinungen werden uns in der Folge bei der Betrachtung der allgemeinen Eigenschaften des centralen Nervensystemes ausführlicher beschäftigen.

Ist die Reizbarkeit eines peripherischen Nerven erniedrigt, so ent- 1341
spricht die Reaction nur einem aliquoten Theile des anregenden Reizes. Ein Mensch z. B., der an Halblähmung der Füße leidet, spürt einen Nadelstich gar nicht, nimmt dagegen einen stärkeren mechanischen Eingriff, welcher bei einem Gesunden Schmerz erregen würde, dumpf wahr. Bei übermäßiger Erhöhung der Empfänglichkeit dagegen erregt nicht etwa jedes Irritament ohne Unterschied bedeutendere Effecte, sondern es greift hier das schon §. 139 erläuterte Gesetz des organischen Gleichgewichtes auf eine wesentliche Weise ein. Während nämlich geringe Reize heftige Explosionen veranlassen, werden oft starke ohne Beschwerden oder selbst ohne alle Beantwortung vertragen. Bei manchen Kranken, die an nervösem Hüftweh leiden, ruft die leise Berührung der Haut des Schenkels mittelst eines Rockzipfels die stärksten Schmerzensanfälle hervor, während heftiger Druck nur wie bei einem Gesunden wirkt. Einzelne Menschen mit fothergillschem Gesichtsschmerz vertragen eine Ohrfeige, nicht aber das schwächste Reiben der Haut ihres Gesichtes, wie es z. B. durch einen aufliegenden Wattenüberzug entsteht. Offenbar kehrt hier dieselbe Norm wie bei Gesunden wieder, denen ein leiser Hautkitzel Lachen und Muskelbewegungen, ein bedeutenderer mechanischer Eingriff gar keine oder nur örtliche Wirkungen verursacht.

Die Geschwindigkeit der Leitung der Nerven ist, wie die 1342
tägliche Erfahrung lehrt, so bedeutend, daß wir z. B. einen Stich, welcher unsere große Zehe trifft, in demselben Augenblicke empfinden. Dauerte die Zwischenzeit zwischen dem peripherischen Eindrucke und der Wahrnehmung im Gehirn eine Tertie, so hätten wir eine Secundengeschwindigkeit von 300 Fuß, wenn die Länge des Menschen 5 Fuß beträgt. Legt man den Finger an ein gezahntes Rad, welches 100 Umdrehungen in der Secunde macht, so erhält man noch einen isolirten Eindruck eines jeden Stoßes. Die Fortpflanzung desselben hat aber, wenn wir die Entfernung vom Gehirn zu 2½ Fuß anschlagen, eine Schnelligkeit von 250 Fuß in der Secunde.

Die Pünktlichkeit der Auffassung des Schmerzes und der Vollführung der Willensregung kann uns auf den ersten Blick zu der nicht basirten Annahme verleiten, daß die Fortpflanzung der Regungen des Nervensystemes äußerst rasch erfolge. Solche Momente verführten auch ältere Forscher zu der von keinen begründeten Thatsachen ausgehenden Hypothese, daß diese Schnelligkeit 32400 (Sauvages) oder gar 57600000000 Fuß in der Secunde betrage [1]). Berücksichtigen wir aber die Kleinheit des menschlichen und thierischen Körpers, so können sich die Oscillationen des Nervenagens weit langsamer, als die Elektricität oder das Licht fortpflanzen, ohne daß die außerordentliche Pünktlichkeit der Functionen des Organismus darunter leidet. Wir haben z. B. früher (§. 814) ge-

[1]) Haller Elementa physiologiae. Tom. IV. Lausannae, 1762. 4. p. 372. 73.

sehen, daß eine Stubenfliege ihre Flügel 8000 Mal in der Secunde strecken und beugen kann. Nehmen wir auch an, daß die Entfernung der Nervenenden der entsprechenden Muskeln von dem Gehirn und dem Bauchstrange 2 Linien betrüge, so haben wir erst eine Geschwindigkeit von $\frac{2 \times 8000}{144} = 111{,}1$ Fuß. Haller [1]) schätzte demgemäß auch die Schnelligkeit der Fortpflanzung des Nervenäthers im Menschen zu 150 Fuß in der Secunde oder 9000 Fuß in der Minute. Könnte auch ein Mensch seine große Zehe in der Secunde in 8000 verschiedene Stellungen bringen, so daß eine Geschwindigkeit von 40000 Fuß bei 5 Fuß Körperlänge herauskäme — eine Voraussetzung, die natürlich absurd ist — so würde doch diese Geschwindigkeit gegen die des Lichtes (= 41200 Meilen) oder die der Elektricität in einem Kupferdrahte (= 58600 Meilen) verschwindend klein ausfallen (§. 85).

Mit Unrecht wurde noch eine vorzüglich den Astronomen geläufige Erfahrung hierher gezogen. Wenn nämlich ein Mensch gleichzeitig eine Gesichtsanschauung, z. B. den Eintritt eines Sternes in den Mikrometerfaden eines Fernrohres, und eine Gehörempfindung, z. B. das Schlagen einer Uhr, auffaßt und ein Anderer nebenbei die Beobachtung wiederholt, so zeigt sich eine Differenz in der Zeitbestimmung, die selbst bis auf ⅓ Secunde steigen kann. Man suchte diese aus der Verschiedenheit der Zeit herzuleiten, welche die Leitung des N. opticus und des N. acusticus bei verschiedenen Personen nöthig hat. Allein die Sache erklärt sich offenbar richtiger, wenn man annimmt, daß jedes Individuum ein Quantum von Zeit braucht, um die eine oder die andere Sinnesanschauung zu assimiliren, und der Unterschied auf der Differenz der bewußten Auffassung, nicht aber der Zuführung zum Gehirn beruht [2]).

Specialthätigkeiten des peripherischen Nervensystemes.

1343 Der Einfluß, welchen die peripherischen Nerven ausüben, beschränkt sich nicht bloß auf die verschiedenartigen Empfindungen und Muskelbewegungen, sondern erstreckt sich auch auf die sämmtlichen contractilen Gebilde und die die Ernährungsvorgänge vermittelnden Apparate unseres Körpers. Da aber die letztere Seite ihrer Wirkung an und für sich dunkler ist und mit den Thätigkeiten des Nervensystemes in entfernterer Beziehung steht, so werden wir an Klarheit der Uebersicht gewinnen, wenn wir zuvörderst nur die sensuellen, sensiblen und muskulomotorischen Eigenschaften des peripherischen Nervensystemes betrachten und erst zuletzt die organomotorischen Kräfte desselben und seinen Einfluß auf die Ernährungserscheinungen durchgehen. Dasselbe Schema muß sich alsdann bei der Untersuchung der Verhältnisse des centralen Nervensystemes wiederholen.

1344 Rückenmarksnerven. — Sie entspringen bekanntlich mit doppelten Wurzeln, welche sich bei dem aufrecht gehenden Menschen als hintere und vordere, bei den vierfüßigen Thieren dagegen als obere und untere darstellen. Nur der erste und der letzte Rückenmarksnerv bilden bisweilen eine mehr scheinbare als wirkliche Ausnahme dieses Gesetzes, indem sich ihre hinteren Fascikel an benachbarte Nerven, z. B. die Wurzeln des Accessorius, anlegen oder in hohem Grade reducirt erscheinen. Die hinteren Wurzeln werden in einiger Entfernung von ihrem Ursprunge mit

---

1) Ebendaselbst p. 273.

2) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 686—88.

Ganglien versehen, während die vorderen einfach bleiben. Beide treten alsdann zu dem Stamme des Rückenmarksnerven zusammen.

Die Idee, daß die so verschiedenartigen Thätigkeiten der Schmerzens- 1345
empfindung und der Muskelbewegung an differente nervöse Theile gebunden seien, wurde schon von den ältesten Forschern, z. B. Erisistratus und Galen, ausgesprochen. Man suchte aber diese Verschiedenheit mehr in dem centralen als in einzelnen Stellen des peripherischen Nervensystemes. Nachdem A. Walker zuerst (1809) die Rückenmarkswurzeln überhaupt in das Bereich dieser Vermuthungen gezogen, allein der Wahrheit gerade entgegengesetzt die vorderen für empfindend und die hinteren für bewegend gehalten hatte, war es Carl Bell (1811) vorbehalten, das in dieser Beziehung vorhandene Grundgesetz nicht bloß als theoretische Vermuthung auszusprechen, sondern auch zum Theil durch Versuche zu erhärten. Er durchschnitt die hinteren Wurzeln der Fußnerven eines Kaninchens, ohne daß das Thier die Fähigkeit fortzukriechen verlor [1]). Nur die Reizung der vorderen, nicht aber die der hinteren Wurzeln erregte Zuckungen in den entsprechenden Muskeln eben getödteter Thiere der Art. Diese Beobachtungen wurden zu verschiedenen Zeiten an Säugethieren von Shaw, Magendie, Béclard, Bakker, Panizza, mir, Budge, Stilling und Longet wiederholt und näher bestätigt [2]). Da aber die Grausamkeit der Operation und die Größe des Blutverlustes den Gebrauch der höheren Geschöpfe zu solchen Zwecken nicht nur verleidet, sondern auch in seinen Resultaten schwankend macht, so ist es von wesentlichem Vortheile, sich der Frösche, wie es zuerst von Joh. Müller [3]) geschah und später von vielen Forschern wiederholt wurde, zu diesem Zwecke zu bedienen. Die Ergebnisse fallen hier so befriedigend aus, daß der sogenannte Bell'sche Lehrsatz, d. h. das Axiom der bloßen Sensibilität der hinteren und der alleinigen motorischen und total unempfindlichen Eigenschaften der vorderen Wurzeln nicht dem geringsten Zweifel unterliegen kann. Spätere Forschungen ergaben ferner, daß dieses Gesetz nicht bloß bei den Wirbelthieren auftritt, sondern auch unter den wirbellosen, wenigstens bei den Krebsen, zum Vorschein kommt. Nur findet hier der Anordnung des Nervensystemes entsprechend der Unterschied Statt, daß die oberen Wurzeln motorisch, die unteren dagegen sensibel sind [4]).

Will man sich von der Richtigkeit des Bell'schen Lehrsatzes bei dem Frosche überzeugen, so befestigt man zuerst das Thier mit seinen vier Füßen durch Faden an vier auf einem Brett eingeschlagene Nägel, spaltet die Mitte der Rückenhaut der Länge nach und entfernt die Muskulatur, welche sich zunächst zu beiden Seiten der Wirbelsäule befindet. Die hierdurch entstehende Blutung hört bald nach der Anwendung kalten Wassers auf. Nun trennt man vorsichtig mit einer kleinen, aber starken Scheere zwei Wir-

---

[1]) Karl Bell's physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensystemes. Aus dem Englischen übersetzt von M. H. Romberg. Berlin, 1832. 8. S. 25.

[2]) Siehe de functionibus nervorum. Bernae et Sangalli, 1839. 4. p. 1. 2.

[3]) Froriep's Notizen. Weimar, 1831. 4. Nr. 646. S. 113 fgg.

[4]) De functionibus nervorum p. 7. F. A. Longet Récherches experimentales et pathologiques sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle epinière. Paris, 1841. 8. p. 175.

bel quer von einander, geht möglichst nahe am Knochen zu beiden Seiten ein und schneidet die Bogen der Wirbel durch, so daß man das in seiner Kalkumhüllung eingeschlossene Rückenmark von oben oder hinten bloßlegt. Hierbei entsteht eine größere Blutung, vorzüglich so wie die obere Längsvene des Rückenmarkes verletzt worden. Gelingt es nicht, sie durch bloßes Wasser vollkommen zu stillen, so dreht man die Durchschnittsenden des genannten Gefäßes mittelst einer kleinen Pincette mehrere Male um ihre Achse herum. Man entfernt hierauf die Hüllen des Rückenmarkes und bindet den Frosch los, um sich zu überzeugen, daß seine Empfindlichkeit und Beweglichkeit durch die bisherigen Eingriffe nicht aufgehoben worden ist. Nachdem er alsdann von neuem befestigt worden, durchschneidet man z. B. an der rechten Seite alle oberen oder hinteren Wurzeln mit einer Staarnadel, während man sie an der linken unberührt läßt, hier dagegen die tiefer liegenden unteren oder vorderen trennt. Läßt man nun den Frosch frei, so bewegt er noch immer sein rechtes Hinterbein entweder vollkommen gut, oder aus Gründen, die wir in der Folge kennen lernen werden, minder sicher, jedoch immer mit einem bedeutenden Grade von Kraft und nach dem Befehle seines Willens. Das linke dagegen ist in dieser Beziehung total gelähmt, wird nachgeschleppt und gelangt nicht zur geringsten Zusammenziehung, wenn sich auch das Thier noch so sehr anstrengt. Umgekehrt verhält es sich mit den Empfindungserscheinungen. Wir können das rechte Bein nicht nur kitzeln, drücken, stechen oder anschneiden, sondern selbst am Lichte zu Kohle verbrennen, ohne daß das Thier das geringste Schmerzenszeichen durch irgend eine Bewegung zu erkennen giebt. Versuchen wir aber dasselbe an dem motorisch paralytischen linken Fuße, so reagirt es sogleich mittelst seines ganzen Körpers und bewegt hierbei den verbrannten Ueberrest des rechten unempfindlichen Beines ganz nach seinem Willen.

Zu demselben Resultate führen Versuche, welche wir mit den Wurzeln selbst anstellen. Reizen wir das peripherische Stück der hinteren Wurzeln, so erfolgt natürlich gar keine Reaction, weil sie rein empfindend sind, ihre centripetale Leitung aber unterbrochen ist. Zerrt man ihr noch mit dem Rückenmarke zusammenhängendes Fragment, so giebt das Thier seinen Schmerz durch Bewegungen und selbst durch Schreien zu erkennen. Umgekehrt verhält es sich mit den vorderen Wurzeln. Jede Anregung ihres centralen Stückes bleibt ohne Erfolg, während die des peripherischen die heftigsten Zuckungen in dem gelähmten Beine veranlaßt. Legt man die hinteren Wurzeln auf ein Glasplättchen und läßt keinen zu starken galvanischen Strom auf sie einwirken, so bleibt die Zuckung in der entsprechenden Extremität aus; sie erscheint aber, so wie die vorderen Wurzeln derselben Einwirkung unterworfen werden. Dasselbe lehren auch chemische Reize, wenn man sie mit Vorsicht anwendet und z. B. nicht weiter fließende Substanzen, sondern feste Körper, wie Höllenstein, wählt. Sollen alle genannten Resultate mit der gehörigen Präcision zu Stande kommen, so müssen die vorderen und die hintern Wurzeln vollständig zerschnitten sein. Sind z. B. die ersteren noch unversehrt, so erhält man aus Gründen, die sich bei Betrachtung der Functionen des Rückenmarkes ergeben werden, selbst nach Reizung der centralen, nicht aber der peripherischen Stücke der hinteren Wurzeln heftige Convulsionen.

Will man sich nur auf das Studium der bewegenden Functionen beschränken, so enthauptet man den Frosch, öffnet den Unterleib, entfernt die Eingeweide und kneipt alsdann die Wirbelkörper vorsichtig ab, so daß zunächst die vorderen Stränge des Rückenmarkes nebst den vorderen Nervenwurzeln bloß liegen. Jede Reizung derselben erzeugt correspondirende Zuckungen, während die der hinteren Wurzeln nur dann solche hervorruft, wenn sie mit dem Rückenmarke zusammenhängen und noch die Reflexthätigkeit mit Kraft fortbesteht.

Diese letztere Modification des Versuches gelingt auch sehr leicht an frisch getödteten kleineren Säugethieren, z. B. Kaninchen, jungen Hunden oder Katzen. Häufiger dagegen mißglücken die Beobachtungen an lebenden Thieren der Art. Wählt man auch jüngere Individuen, deren Wirbelbogen schnell durchschnitten werden können, so entsteht doch nicht selten eine kaum zu stillende Blutung, welche das Thier dergestalt erschöpft, daß es entweder, ehe man zu den Versuchen selbst kommt, stirbt oder wenigstens schwächer als sonst auf äußere Reize reagirt. Findet aber auch dieses nicht Statt, so ist der Platz zwischen dem Rückenmark und der Wirbelsäule so beengt und das Ganze an einzelnen Stellen mit Blut dergestalt gefüllt, daß bisweilen die Sicherheit der Resultate des Experimentes an solchen Nebenverhältnissen scheitert. Auf diese Weise glaubten auch einige neuere Forscher

zu finden, daß die vorderen Wurzeln der Säugethiere nicht rein motorisch und durchaus empfindungslos seien, sondern einen geringen Grad von Sensibilität besäßen. Sie nahmen daher sogar an, daß sensible Fasern der hinteren Wurzeln sogleich an der Vereinigungsstelle beider Wurzeln schlingenartig umbiegen und innerhalb der vorderen zu dem Rückenmarke zurückkehren. Allein eine genauere Prüfung lehrte bald, daß alle solche Angaben auf Täuschung beruhen, indem die motorischen Wurzeln der Säugethiere ebenfalls total unempfindlich sind und nur dann, wenn der an sie angebrachte Zug mittelbar eine Zerrung der empfindlichen Theile des Rückenmarkes veranlaßt, Schmerzensempfindungen entstehen [1]).

So leicht man sich aber auch bei Säugethieren, Vögeln, Amphibien und Fischen von der Wahrheit des Bell'schen Lehrsatzes überzeugen kann, so gut sich z. B. bei dem Frosche alle hinteren oder vorderen Wurzeln des ersten bis zum letzten Rückenmarksnerven verletzen lassen, ohne daß das Grundgesetz ihrer physiologischen Wirkung die geringste Ausnahme erleidet (Stannius), so wenig ist es bisher gelungen, Krankheitsfälle bei Menschen oder Säugethieren aufzufinden, welche ganz rein das unzweifelhaft auch für unseren Organismus gültige Bell'sche Axiom beweisen. Alle in solcher Hinsicht von Fr. Nasse und Longet [2]) zusammengestellten Fälle umfassen complicirte Erscheinungen, bei denen nicht bloß die Nervenwurzeln, sondern auch das Rückenmark afficirt war. Dieses erklärt sich zum Theil daraus, daß rein örtliche Veränderungen der Nervenwurzeln überhaupt selten sind und sich bei der Section nur unter auffallenderen Verhältnissen, z. B. bei der Ablagerung von Knochenplättchen an und auf ihnen (§. 1324) zu erkennen geben mögen, theils aber, daß nicht ihre Zerstörung allein, sondern erst die des benachbarten Rückenmarkes oder selbst des Gehirns zum Tode führt. Wir begegnen hier überhaupt im Anfange einem Verhältnisse, welches noch häufig in der Nervenphysiologie wiederkehren wird. So oft sich nämlich mit Sicherheit festgestellte Sätze, welche in Betreff des Studiums der Nerventhätigkeiten gewonnen werden, auf Krankheitsverhältnisse übertragen lassen, so wenig ist die Medicin im Stande, die Gesetze der Physiologie durch ihre angeblich ganz sicheren Beobachtungen zu erschüttern, weil diese nie denjenigen Grad von Exactheit und Reinheit, welchen ein gutes physiologisches Experiment darbietet, besitzen. Diesen scheinbar partheiischen Satz müssen selbst Aerzte zugeben, welche aus eigener Erfahrung wissen, wie leicht illusorische Entzündungen und Erweichungen der Nerven und vorzüglich des centralen Nervensystemes in der Leiche gefunden werden, wie oft die Section die theoretischen Erwartungen täuscht und wie sehr man sich überhaupt hier in einem noch kaum irgend zu entwirrenden Labyrinthe befindet.

Erinnern wir uns, daß die Ursache der eigenthümlichen Kräfte der Empfindung oder Bewegung nicht in den peripherischen Nerven selbst liegt und daß sich, wenn man von den später bei dem sympathischen Nerven zu besprechenden Durchmesserverhältnissen der Primitivfasern absieht, kein Structurunterschied zwischen den vorderen und den hinteren Nervenwurzeln zu erkennen giebt, so reducirt sich der Bell'sche Lehrsatz im Wesentlichen auf ein Symmetriegesetz, wie wir deren so viele in unserem Organismus antreffen. Die Natur führt nur sensible und motorische Fasern in den Rückenmarksnerven aus, trennt sie aber am Anfange symmetrisch, so daß die empfindenden einzig und allein als hintere, die bewegenden bloß als vordere Wurzeln erscheinen. Der Stamm des Rückenmarksnerven dagegen welcher beide in sich aufnimmt, wird auf diese Weise gemischt. 1346

Die Vermengung heterogener Nervenfasern erhält sich auch in den meisten Nervenstämmen, welche ihre Existenz der genannten Quelle verdanken. Obgleich dieses aber der Fall ist, so tritt doch auch bei der fer- 1347

---

[1]) F. A. Longet Récherches sur les fonctions de la moelle epinière. Paris, 1841. 8. p. 127.

[2]) Ebendaselbst p. 94—120.

neren Vertheilung eine nicht selten symmetrische Anordnung hervor. Jeder Rückenmarksnerv nämlich sondert sich in einen hinteren oder oberen und einen vorderen oder unteren Hauptstamm. Beide sind unzweifelhaft gemischt. Allein der erstere verbreitet sich verhältnißmäßig mehr in Muskeln als in die Haut. Er versorgt die relativ starke Muskulatur und die nur stumpf tastende Haut an der Hinterseite des Körpers, während der vordere auch absolut stärkere Ast relativ mehr empfindende Theile versieht. Die feineren Tastnerven der Hand und des Fußes kommen ausschließlich aus vorderen Aesten. Diese scheinen daher im Ganzen relativ, nicht aber absolut sensibler, die hinteren dagegen proportionell motorischer zu sein.

1348 Wo uns directe physiologische Versuche verlassen, halten wir im Allgemeinen einen Nerven, der sich in einem Muslel verbreitet, für motorisch, einen solchen dagegen, der zur Haut geht, für sensibel. So richtig diese Sonderung in Betreff der Majorität der Primitivfasern sein mag, so hat sie doch keine absolute Gültigkeit. Viele sensible Nervenfasern der Haut durchsetzen erst einen benachbarten Muskel, bevor sie jene erreichen und sind daher, wie wir in der Folge an manchen Beispielen sehen werden, entschieden gemischt. Ueberdies wissen wir nicht, ob die Muskelsubstanz absolut unempfindlich ist. Eben so zeigt die äußere Haut nicht bloß empfindende, sondern auch Contractilitätseigenschaften, welche zum Theil von dem Einflusse des Nervensystemes abgeleitet werden müssen.

1349 Dasselbe Majoritätsurtheil ist uns überhaupt nur gestattet, wenn wir die einzelnen Nervenstämme bis zu ihren peripherischen Enden zu verfolgen uns bemühen, weil sich der Einfluß der Geflechte weder mit freiem Auge, noch mit Hilfe des Mikroskopes hinreichend genau ermitteln läßt. Die in dieser Hinsicht gegebene nachfolgende Darstellung kann sich daher nur auf die Mehrzahl, nicht aber auf alle Primitivfasern eines Rückenmarksnerven beziehen. Um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, wollen wir zunächst in der beigefügten Tabelle die sensiblen und muskulomotorischen Provinzen der einzelnen Rückenmarksnerven übersichtlich durchgehen, von ihrem Antheil an dem sympathischen Nerven und den verschiedenen Hirnnerven, so sehr es angeht, vorläufig abstrahiren und nur einzelne andere wichtigere Theile, die unmittelbar aus ihnen Zweige aufnehmen, anführen. Einige Bemerkungen über manche bemerkenswerthen Detailverhältnisse sollen alsdann diese Erörterung beschließen.

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven.		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
Erster Halsnerv.				A. vertebralis.
	Vorderer Ast.	Oberster Theil des Halses.	Rectus capitis lateralis. Rectus capitis anticus major und minor. Vergl. auch N. hypoglossus.	A. vertebralis. Hinterhauptsgelenk.
	Hinterer Ast	Desgl.	Rectus capitis posticus major und minor. Obliquus capitis superior und inferior. Rectus capitis lateralis. Complexus.	
Zweiter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Desgl.	Rectus capitis anticus major. Intertransversarius. Scalenus medius. Oberster Theil des Levator scapulae. Sternocleidomastoideus. Vergl. auch den N. hypoglossus.	
	Hinterer Ast.	Desgl.	Obliquus capitis inferior. Trachelomastoideus. Complexus. Semispinalis cervicis. Multifidus spinae. (Splenius capitis.)	
	Occipitalis magnus.	Hinterhaupts- und hintere Scheitelgegend.	Biventer cervicis. Cucullaris. Occipitalis.	
	Occipitalis minor	Grenze von Nacken und Hinterhaupt. Haut hinter u. über dem Ohre.	Sternocleidomastoideus.* Adtollens auris.	
Dritter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Haut an und unter dem Ohre, am Unterkiefer (dem Kinne), so wie dem obersten, mittleren und untersten Theile des Halses.	(Diaphragma.) Intertransversarii supremi. Scalenus medius. Rectus capitis anticus major. Longus colli. (Muskulatur der Zunge, die auch Fäden von den beiden früheren Halsnerven empfängt.) Levator scapulae. Splenius capitis. Sternocleidomastoideus. Platysmamyoides. (Antheil am Occipitalis minor u. Auricularis magnus, den Geflechten des Herzens und der Brusthöhle überhaupt.) (Antheil an den Bewegungen der unteren und hinteren Antlitzmuskeln?)	Gehörgang und Ohr überhaupt. Ohrspeicheldrüse. V. jugularis externa. Schilddrüse. (A.vertebralis.)
	Auricularis magnus.	Haut hinter u. an dem Ohre, zwischen Hinter-	Sternocleidomastoideus. Retrahens auris. Occipitalis. (Temporalis?)	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		haupt- und Schläfengegend und selbst vor dem Ohre. (Aeußerer Gehörgang?)		
	Hinterer Ast.	Nackengegend, vorzüglich die Mitte derselben.	Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Complexus. Splenius capitis. (Obliquus capitis inferior. Multifidus spinae.). Biventer cervicis. Semispinalis cervicis. Interspinales. Cucullaris.	
Vierter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Haut am Halse.	Intertransversarii. Rectus capitis anticus major. Longus colli. Scalenus medius. Levator scapulae.	A. vertebralis.
	Supraclaviculares anteriores u. posteriores.	Haut vor u. an dem Schlüsselbeine, dem Handgriff des Brustbeines u. der Brustdrüse, dem obersten Theile des Oberarmes, dem Schultergelenk, dem Schulterblatt, dem unteren Theile des Nackens.	(Pectoralis major?) (Sternocleidomastoideus und Cucullaris?) Sternothyreoideus.	Gefäße an und oberhalb des Schlüsselbeines. Brustdrüse.
	Hinterer Ast.	Haut an dem unteren Theile des Nackens.	Intertransversarius. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Biventer cervicis. Complexus. Splenius capitis. Cucullaris.	
N. phrenicus.	Aus dem vierten und fünften, so wie dem dritten und selbst dem sechsten und zweiten Halsnerven. Bisweilen noch Succursalfäden aus dem zweiten Halsnerven und dem Armgeflecht.		Scalenus anticus. (Antheil an den Herz- und Lungengeflechten.) Diaphragma.	V. jugularis interna. A. u. V. subclavia. A. mammaria interna. Thymus. Lymphdrüsen des vorderen Mediastinum. Große Gefäße am Herzen. V. cava inferior. Antheil an dem Sonnen- und dem Leberge-

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven.		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
				flechte. Herzbeutel.
Fünfter Halsnerv.	Vorderer Ast.	(Haut an dem Untertheile des Halses?) Antheil am Achselgeflecht.	Longus colli. Rectus anticus major. Intertransversarius. Scalenus medius (Diaphragma). Subclavius. Antheil am Armgeflecht.	A. vertebralis. A. mammaria interna.
	Dorsalis scapulae.		(Scalenus medius.) Antheil an dem hinteren Brustkastennerven. Serratus anticus major. Levator scapulae. Rhomboideus major und minor.	A. dorsalis scapulae.
	Hinterer Ast.	Haut am unteren Theile des Nackens.	Cervicalis descendens. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Splenius capitis. Biventer cervicis	
Sechster Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht.	Longus colli. Rectus capitis anticus major. Intertransversarius. Scalenus anticus und medius. Diaphragma. Antheil am Achselgeflecht.	A. vertebralis.
	N. thoracicus posterior s. respiratorius externus. Aus den vorderen Aesten des fünften bis siebenten Halsnerven.		Serratus anticus major. (Subscapularis.)	
	Hinterer Ast.	Antheil am Achselgeflecht. (Oberste Parthie der Rückenhaut.)	Cervicalis descendens. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Biventer cervicis. Splenius capitis. (Cucullaris.)	
Siebenter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht.	Intertransversarius. Scalenus anticus und posticus. (Diaphragma.) Serratus anticus major. Antheil am Achselgeflecht.	A. vertebralis.
	Hinterer Ast.	Haut über dem Schulterblatte	Transversalis cervicis. Cervicalis descendens. Complexus. Multifidus spinae. Semispinalis. Interspinales. (Splenius capitis. Serratus posticus superior. Rhomboideus. Cucullaris.)	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
Achter Halsnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht.	Scalenus anticus, medius und posticus. Antheil am Achselgeflecht.	A. subclavia.
	Hinterer Ast.	Haut an den Dornfortsätzen der obersten Rückenwirbel.	Multifidus spinae. Semispinalis.	
Achselgeflecht.	N. N. thoracici s. pectorales anteriores. Aus dem fünften und sechsten, der untere oft aus dem achten Hals- und dem ersten Brustnerven.	Haut des Schultergelenkes und der Umgegend, der Brustdrüse und der Nachbartheile derselben.	Subclavius. Deltoideus. Pectoralis major und minor.	Acromialgelenk. Brustdrüse.
	N. suprascapularis. Aus dem fünften oder fünften u. sechsten oder fünften bis siebenten Halsnerven.		Supraspinatus. Infraspinatus. (Teres minor??) (Omohyoideus.)	Schultergelenk.
	N. N. subscapulares. Aus dem fünften bis siebenten oder dem fünften bis achten Halsnerven.		Teres major. Subscapularis.	
	Marginalis scapulae. Aus den drei untersten Halsnerven.		Serratus anticus major. Latissimus dorsi.	A. subscapularis.
	N. cutaneus brachii internus. Aus dem achten Hals- u. dem ersten Brustnerven oder diesem allein oder ihm und den beiden letzten Halsnerven.	Haut der Achsel und des Oberarmes, vorzüglich der Innenseite des letzteren (Haut des Vorderarmes).		A. axillaris. (?)
	N. cutaneus brachii medius.	Haut der Innen- und Vorderfläche des Oberarmes, des Ellenbogens, des Vorderar-	Coraco-brachialis. Biceps brachii. (Pectoralis minor und zum Theil major.)	V. basilica. (?)

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		mes und der Hohlhand.		
	N. cutaneus brachii externus s. musculo-cutaneus s. perforans Casserii. Aus dem fünften bis siebenten oder dem fünften und sechsten oder dem fünften u. siebenten Halsnerven.	Ellenbogengegend, Haut des Vorderarms, des Handrückens u. zum Theil der Handfläche und des Daumens.	Biceps brachii Brachialis internus. (Coraco-brachialis ?)	V. cephalica. (?)
	N. axillaris. Aus den vier untersten Hals- und dem ersten Brustnerven oder dem fünften bis siebenten oder dem fünften u. sechsten Halsnerven.	Hinterer, äußerer und oberer Theil der Haut des Oberarmes. (Mittlere und untere Parthie desselben.) (Achselhöhle.)	(Subscapularis.) Teres major und minor. Deltoideus Triceps brachii.	A. axillaris. Schultergelenk. Das Innere des Oberarmknochens.
	N. ulnaris. Aus den vier oder drei oder zwei untersten Hals- und dem ersten Brustnerven oder diesem und dem letzten Halsnerven der drei oder vier letzten Halsnerven.	Haut der Handwurzel, der Ulnarkante des Vorderarmes und der Rückenfläche der Hand und zum Theil der Volarfläche derselben und beider Seiten, des kleinen Fingers, des Ringfingers und der Ulnarseite des Mittelfingers.	Flexor carpi ulnaris. Flexor quattuor digitorum sublimis und profundus. Flexor digiti minimi brevis. Abductor digiti minimi. Opponens digiti minimi. Interossei (interni und) externi. Adductor pollicis. Abductor indicis. (Lumbricalis IV.)	A. axillaris. Ellenbogengelenk. Ulnarknochen. A. ulnaris. Ligamentum carpi volare proprium und die benachbarten Bandmassen, Handwurzelgelenk. Ligamentum carpi dorsale und Nachbarschaft. Aeußere Fingergelenke.
	N. medianus Aus den vier letzten Hals- und dem ersten Brustnerven oder diesem und dem letzten Halsnerven oder den vier untersten Halsnerven oder den	Haut der Hohlhand, der Volarseite des Ringfingers, des Mittelfingers, des Zeigefingers und des Daumens.	(Biceps brachii.) Palmaris longus. Pronator teres. Flexor carpi radialis. Flexor quattuor digitorum communis sublimis und profundus. Flexor pollicis longus. Pronator quadratus. Lumbricalis III., II. und I. Flexor pollicis brevis. Abductor u. Opponens pollicis. (Flexor carpi ulnaris ?) (Inter-	A. brachialis. A. recurrens ulnaris. Bänder und Gelenke der Handwurzel.

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	drei letzten Hals- und dem ersten Brustnerven oder dem fünften, sechsten und siebenten Hals- und dem ersten Brustnerven.		ossei interni.) (Lumbricales.) (Adductor pollicis.)	
	N. radialis. Aus den vier untersten Hals- und dem ersten Brustnerven, diesem und den drei untersten Halsnerven oder diesen allein oder den vier untersten Halsnerven oder dem siebenten und achten oder dem fünften bis siebenten Halsnerven.	(Haut am Oberarme.) Haut am Ellenbogen und der Radialseite der Rückenfläche und der Volarfläche des Vorderarmes, so wie des Handrückens und der Rückenfläche von Daumen, Zeige- und zum Theil dem Mittelfinger.	(Latissimus dorsi.) Triceps brachii. Brachialis internus. Supinator longus Flexor carpi radialis. Abductor pollicis brevis. Adductor pollicis. Abductor digiti minimi. Abductor indicis. Extensor carpi radialis longus und brevis. Supinator brevis. Extensor digitorum communis. Extensor pollicis longus u. brevis. Extensor indicis u. digiti minimi. Extensor carpi ulnaris. Abductor pollicis longus.	Ellenbogengelenk. A. collateralis ulnaris superior. A. radialis. Handgelenk.
Erster Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Achselgeflecht (dem äußeren Brust-) und den vorderen Oberschlüsselbeinnerven. Haut vor und nach außen von dem Handgriffe des Brustbeins, der Achselhöhle und der Innenseite des oberen Theiles des Oberarmes. Antheil an dem N cutaneus brachii internus.	Antheil am Achselgeflecht (dem äußeren Brust- und den vorderen Oberschlüsselbeinnerven.) Intercostalis I. Pectoralis major.	(Brustdrüse.)
	Hinterer Ast.	Entsprechende Rückenhaut.	Kleinere Rückenmuskeln. Rückgrathsstrecker. Intercostalis I. (Cucullaris.)	
Zweiter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut der Brustdrüse, der Achselhöhle und des Oberarmes, vorzüglich der Hinterseite desselben.	Intercostalis II. Serratus posticus superior. Triangularis sterni. (Serratus anticus major. Pectoralis major und minor?) (Intercostalis I.)	Brustdrüse.

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	N. cutaneus brachii internus posterior superior.	Geringer Antheil am Achselgeflecht. Haut der inneren und hinteren Parthie des oberen Dritttheils des Oberarmes dicht unter der Achselhöhle.		
	Hinterer Ast.	Entsprechende Rückenhaut.	Kleine Rückenmuskeln. Innere u. äußere Rückgrathsstrecker. Cucullaris.	
Dritter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut vor dem großen Brustmuskel. Antheil an dem hinteren Hautnerven des Oberarmes. Haut der Achselhöhle, der Hinterseite des Schulterblattes des Oberarmes, der Brustdrüse und der Umgebung derselben.	Intercostalis III. Triangularis sterni.	Brustdrüse.
	Hinterer Ast.	Wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Vierter Brustwirbelnerv.		Haut der Brustdrüse und seitlich von ihr bis zum Schulterblatte.	Intercostalis IV. Triangularis sterni.	(Brustdrüse.)
	Hinterer Ast.	Wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Fünfter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an dem vorderen u. seitlichen Theile der Brust.	Intercostalis V. Serratus anticus major. Triangularis sterni.	Brustdrüse.
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Sechster Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an dem vorderen und seitlichen Theile der Brust.	Intercostalis VI. (Serratus anticus major.) Triangularis sterni. Obliquus abdominis externus. Diaphragma.	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Siebenter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an der Vorder- und Seitenparthie und zum Theil der Hinterparthie der Brust.	Aehnlich wie der vorige.	
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Achter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Entsprechende Haut des Bauches und der Seitentheile.	Intercostalis VIII. Diaphragma. Obliquus abdominis externus und Transversus abdominis.	
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Neunter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Entsprechende Bauch- und Seitenhaut.	Intercostalis IX. Diaphragma. Obliqui abdominis externus und internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.	
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven	
Zehnter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Entsprechende Bauch- und Seitenhaut bis zur Gegend des Hüftbeinkammes.	Intercostalis X. Obliquus abdominis externus. Diaphragma. Obliquus abdominis internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.	
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Eilfter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Aehnlich wie der vordere Ast des vorigen, nur etwas tiefer.	Intercostalis XI. Diaphragma. Obliqui abdominis externus und internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.	
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie bei d. vorigen Brustwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Brustwirbelnerven.	
Zwölfter Brustwirbelnerv.	Vorderer Ast.	Haut an dem Vordertheile des Darmbeines	(Diaphragma. Quadratus lumborum.) Obliquus abdominis externus und inter-	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven.		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		bis zum großen Rollhügel herab, Bauchhaut über dem Schaambogen.	nus. Transversus abdominis. Rectus und Pyramidalis abdominis.	
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige Brustwirbelnerv.	Aehnlich wie der vorige Brustwirbelnerv.	
Erster Lendennerv.	Vorderer Ast.		Psoas major. Quadratus lumborum.	
	N. ileo-hypogastricus.	Haut über dem Tensor fasciae latae, dem Bauchringe u. dem Schaamberge. Oder wie der folgende Nerv endigend.	(Psoas major. Quadratus lumborum.) Obliquus abdominis externus und internus. Transversus abdominis.	
	N. ileo-inguinalis.	Haut des Schaamberges, des vorderen und äußeren Theiles des Hodensackes oder der äußeren Schaamlefze u. selbst bisweilen des vorderen oberen u. inneren Theiles des Oberschenkels.	(Psoas major. Qradratus lumborum.) (Obliqui u. transversus abdominis.)	
	Hinterer Ast.	Haut an dem hintersten und obersten Theile des Darmbeines.	Kleinere Rückenmuskeln. Rückgrathsstrecker. (Latissimus dorsi?)	
Zweiter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem N. spermaticus externus.	Psoas major. Quadratus lumborum.	
	N. spermaticus s. inguinalis s. pudendus externus s. genitocruralis.	Haut am äußeren und oberen Theile des Oberschenkels oder der unteren u. vorderen Parthie der Hüfte nebst der des oberen vorderen u. äußeren Theiles des Oberschenkels und Haut der	Psoas major. (Iliacus internus.) Obliquus abdominis internus. Transversus abdominis. Cremaster.	A. cruralis. A. pudenda externa. A. epigastrica. Samenstrang. Tunica vaginalis propria. Hode und Nebenhode. Dartos. (Ligamentum uteri rotundum?)

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		Vorderfläche der Oberschenkels überhaupt. Leistengegend. Haut des Hodensackes, Schaamberg u. äußere Schaamlefze der Frau.		
	Hinterer Ast.	Aehnlich wie der vorige Lendenwirbelnerv.	Aehnlich wie der dorige Lendenwirbelnerv.	
Dritter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem Lendengeflecht.	Psoas major u. minor. Quadratus lumborum. Antheil an dem Lendengeflechte.	
	Hinterer Ast.	Haut der Hinterfläche des oberen Theiles des Beckens.	Kleine Rückenmuskeln. Rückgrathsstrecker.	
Vierter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem Lendengeflecht.	Psoas major und minor. Antheil an dem Lendengeflecht.	
	Hinterer Ast.	Wie der vorige Lendennerv. Nur oft bloßer Muskelnerv.	Wie der vorige Lendennerv. Nur oft bloßer Muskelnerv.	
Fünfter Lendennerv.	Vorderer Ast.	Antheil an den oberen Gesäßnerven und dem Lendengeflecht.	Antheil an den oberen Gesäßnerven und dem Lendengeflecht.	
	Hinterer Ast.		Kleine Muskeln der Wirbel und Rückgrathsstrecker.	
Lendengeflecht.	N. cutaneus femoris anterior externus. Aus dem zweiten Lendenwirbelnerven mit Verstärkungen aus dem ersten, dritten u. vierten oder unmittelbar aus den Schlingen des ersten bis vierten.	Antheil an den Schaamnerven. Haut am großen Rollhügel, der Vorderfläche des Oberschenkels und der Außenseite desselben bis zum Knie.	(Psoas major.) Antheil an den Schaamnerven. (Iliacus internus.)	Inguinaldrüsen und Nachbartheile.
	N. cruralis. Aus den vier ersten, vorzüglich dem zweiten bis vierten Lendennerven.	Aeußerer und hinterer Theil der Haut des Oberschenkels, Vorderfläche u. zum Theil Hin-	Psoas major und minor. Iliacus internus. Sartorius. Pectineus. Tensor fasciae latae. (Piriformis.) Vastus externus u. internus. Cruralis. Rectus femoris. Gra-	A. cruralis. Kapselband des Hüftgelenkes. Kniegelenk. V. saphena. Beinhaut vor-

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordnete Theil und entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		terfläche desselben. Kniehaut. Unterschenkel, Gegend des inneren Knöchels, Fußrücken.	cilis. Flexor hallucis brevis.	züglich am inneren Knöchel.
	N. obturatorius. Aus dem dritten und zum Theil dem vierten Lendennerven nebst einem geringeren Succurse vom zweiten.	Haut vorzüglich der inneren und vorderen Parthie des Oberschenkels. Kniegelenk. Innere und vordere Seite des Obertheils des Unterschenkels.	(Psoas major und minor.) Obturator (internus und) externus. Gracilis. Adductor longus, brevis und magnus. (Pectineus.)	A. und V. obturatoria. Hüftgelenk.
Erster Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Antheil an dem oberen Gesäßnerven.	Piriformis. Antheil an den oberen Gesäßnerven und dem Hüftgeflechte.	
	Hinterer Ast.	Haut am Gesäß und dem Kreuzbeine.	(Glutaeus maximus.)	
Zweiter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Hüftgeflecht.	Piriformis. Antheil am Hüftgeflecht.	
	Hinterer Ast.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv (und Antheil am Hüftgeflecht).	Wie der vorige Kreuzbeinnerv (und Antheil am Hüftgeflecht).	
Dritter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Antheil am Schaam- und Hüftgeflecht.	Harnblase. Mastdarm. Scheide. Piriformis. Antheil am Schaam- und Hüftgeflecht.	
	Hinterer Ast.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	
Vierter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Haut zwischen dem Steißbein und dem After. Antheil am Schaam- und Hämorrhoidalgeflecht.	Coccygeus. Levator ani. Harnblase. Mastdarm. (Samenblasen.) Vorsteherdrüse. Gebärmutter und Scheide. Antheil am Schaam- und Hämorrhoidalgeflecht.	
	Hinterer Ast.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	
Fünfter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Ast.	Haut an und neben dem Untertheile des Steißbeines.	(Coccygeus.) (Glutaeus maximus?)	
	Hinterer Ast.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	
Die beiden Schwanzwirbelnerven.		Verbinden sich mit den benachbarten Kreuzbeinnerven.	Verbinden sich mit den benachbarten Kreuzbeinnerven.	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
Hüft- oder Kreuzbeingeflecht.	N. glutaeus superior. Aus den beiden letzten Lenden- u. dem ersten Kreuzbeinnerven.	Antheil am Hüftnerven. Haut am Gesäß.	Antheil am Hüftnerven. (Piriformis.) Glutaeus maximus, medius und minimus. Tensor fasciae latae.	Weichtheile am Hüftausschnitte.
	N. glutaeus inferior. Aus den beiden letzten Lenden- u. den beiden ersten Kreuzbeinnerven oder jenes und des zweiten u. dritten Kreuzbeinnerven.	Haut am Gesäß.	Glutaeus maximus.	
	N. cutaneus femoris posterior communis. Aus dem ersten und zweiten oder dem zweiten u. dritten Kreuzbeinnerven oder noch dem vierten Kreuzbeinnerven oder dem Schaamgeflecht.	Haut am großen Rollhügel und der äußeren vorderen Seite des Oberschenkels. Hodensack oder äußere Schaamlefze bis zum Schaamberge. (Haut des Dammes.) Haut der Hinter- und Innenseite der oberen Parthie des Oberschenkels. Mitte des Oberschenkels bis zur Kniekehle und selbst bis zur Wade.	(Glutaei?)	
	N. pudendus communis. Aus dem Schaamgeflecht oder dem Hüftgeflecht oder beiden oder dem dritten u. vierten Kreuzbeinnerven.	Haut der Umgebung des Afters und des Dammes, des Hodensackes. Harnröhre. Aeußere und innere Schaamlefze. Schaamberg. (Oberster Theil des Oberschenkels.) Haut des Penis der Vorhaut, des Kitzlers und der cavernösen Körper.	Ischiocavernosus. (Mastdarm.) Transversi perinaei. Sphincter ani externus. Bulbocavernosus. Constrictor cunni. Gebärmutter. Scheide. Cavernöse Körper des Penis und der clitoris.	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptstamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Ursprung desselben.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	N. haemorrhoidalis imus. Aus dem Schaamnerven oder dem Schaamgeflecht.	Haut am After.	Sphincter ani externus.	
	N. ischiadicus. Aus den beiden letzten Lenden- und den drei ersten Kreuzbeinnerven.	Haut am Gesäß und dem Obertheile des Oberschenkels. Antheil am Wadenbein- u. Schienbeinnerven.	Gemelli. (Piriformis.) Obturator internus. Quadratus femoris. Semitendinosus. Semimembranosus. Biceps femoris. Adductor magnus. Antheil am Wadenbein- und Schienbeinnerven.	Hüftgelenk. Kniegelenk.
	N. peroneus. Ast des N. ichiadicus.	Haut der Wade und beider Seiten der übrigen Theile des Unterschenkels, der Knöchel, des Fußrückens und der Dorsalflächen aller Zehen.	Biceps femoris. Gastrocnemius externus. (Soleus.) (Popliteus.) Peroneus longus, brevis und tertius. Extensor communis quattuor digitorum longus. Extensor hallucis longus. Tibialis anticus. Extensor brevis digitorum und Extensor hallucis brevis. (Plantaris.) Interosseus dorsalis I.).	Kniegelenk. A. poplitea. Unterschenkelknochen. A. tibialis. Fußgelenk.
	N. tibialis. Ast des N. ischiadicus.	Haut an der Kniekehle und der Wade bis zum äußeren Knöchel, dem Fußrücken und der Dorsalfläche der kleinen Zehe. Haut der Innenfläche des Unterschenkels, des inneren Knöchels, der Ferse, der Sohle und der Plantarflächen aller Zehen.	(Popliteus.) Gastrocnemii caput externum und internum. Soleus. (Plantaris.) Tibialis posticus. Flexor communis digitorum pedis longus. Flexor longus hallucis. Abductor hallucis. Flexor brevis digitorum. Flexor hallucis brevis. Abductor hallucis. Lumbricales. Quadratus Sylvii. Abductor digiti minimi. Flexor brevis digiti minimi. Transversus pedis. Adductor hallucis. Interossei plantares und dorsales. (Von den letzteren II.—IV. oder I.—IV.)	Kniegelenk. A. tibialis antica u. postica. Zehengelenk. Arcus plantaris.

Diese Uebersicht zeigt uns zuvörderst, daß sich der Bezirk der Rücken- 1350
marksnerven, wenn man von ihrem Antheil an dem sympathischen und ihren Anastomosen mit einzelnen Hirnnerven absieht, fast ausschließlich auf den Rumpf und die Extremitäten beschränkt. Die einzige bedeutendere unmittelbare Ausnahme bilden die N. N. occipitales magnus und minor (und auricularis magnus), welche die Hauptquelle ihrer Nervenfasern von dem zweiten und dritten Halsnerven schöpfen und sich mit ihren gemischten

Zweigen an dem Hinterhaupte, dem Scheitel, dem Ohre vor und unter demselben verbreiten. Dagegen tritt schon hier die Norm hervor, daß sehr viel einzelne Körpertheile ihre Fasern nicht von denjenigen Rückenmarksnerven, welche ihrer Lage und Einfügung entsprechen, sondern von entfernteren und zwar meist höheren empfangen. Auf diese Weise erhalten nicht nur die oberen Extremitäten ihre Nervenstämme von den untersten Hals- und dem ersten Brustnerven, sondern das Zwerchfell von den Hals-, die untere Hälfte der Bauchdecken von den untersten Brust-, die Haut des obersten Theiles des Oberschenkels von den ersten Lendennerven u. dgl. m. Diese Regel des Fortschrittes oder der entfernten Ausbreitung hängt wahrscheinlich, wenigstens in vielen Fällen, mit Entwickelungsverhältnissen zusammen. So liegen z. B. die oberen Extremitäten mit ihren ersten Rudimenten hoch oben an dem Untertheile des künftigen Halses. So befindet sich die erste Anlage des Zwerchfelles weit höher als später, weil sich Brust und Hals erst in der Folge ausscheiden und entwickeln. Verlängern sich aber einzelne Theile im Laufe der Embryonalentwicklung, entfernen sie sich mehr von den Wirbeln, in deren Umgebung sie ursprünglich entstanden, so müssen sich auch natürlich ihre Nervenstämme ausziehen. Die Norm der entfernten Ausbreitung bildet die nothwendige Folge dieser Verhältnisse. Wahrscheinlicher Weise werden sich auch sehr viele Verbindungen und Verflechtungen der Nerven bei dem weiteren Fortschritte der Wissenschaft auf nothwendige Entwickelungserscheinungen im Embryo reduciren lassen.

1351 Jede Seitenhälfte des Rumpfes hat ihre eigenthümlichen Nervenstämme, die einander zwar gegenseitig entsprechen, jedoch in ihren untergeordneten Verzweigungen einzelne Varietäten darbieten können. Schon der Wechsel des Ursprunges der einzelnen Arm- oder Schenkelnerven aus dem Achsel-, dem Lenden- oder Kreuzbeingeflecht giebt uns hierfür einen deutlichen Beleg. Noch häufigere Abweichungen der Art zeigen sich, wenn wir die Hautnerven oder die Muskelstämme zweier Arme oder Beine desselben Individuums verfolgen. Dieser Umstand darf nicht bei der Beurtheilung von theilweisen Lähmungen beider oberen oder unteren Extremitäten aus den Augen gelassen werden.

1352 Die größeren sensiblen oder motorischen Nervenstämme des Rumpfes beschränken sich in der Regel auf ihre Seitenhälfte, so daß eine schmerzhafte oder paralytische Affection des rechten Astes die linke Körperhälfte, und umgekehrt, unberührt läßt. Allein diese Norm ist nicht allgemein, sobald man auch die untergeordneten Details berücksichtigt. Abstrahiren wir selbst von kleineren gegenseitigen Verbindungen z. B. am Halse, so tauschen sich z. B. am Zwerchfelle, dem Penis und zum Theil dem Hodensacke die Primitivfasern der beiden Seitenhälften wechselseitig aus — eine Abweichung, die wir später in noch höherem Maaße in den Eingeweiden der Brust und des Unterleibes antreffen werden.

1353 Die gegenseitige Schlingenbildung, welche z. B. den Halsnerven in so hohem Maaße zukommt, macht es fast unmöglich, jedem einzelnen dieser Stämme seinen speciellen Wirkungskreis genau zuzuweisen. Die vielen

Varietäten, welche in dieser Beziehung und in der Zerklüftung der untergeordneten Parthieen, z. B. der Aeste des Achselgeflechtes vorkommen, erschweren noch dieses Bemühen in bedeutendem Grade. Nichts desto weniger aber halten sich immer die vier obersten Halsnerven von dem Antheile an den oberen Extremitäten mit Ausnahme der Brust-, Achsel- und Schultergegend frei, so daß Lähmungen der übrigen Theile des Armes nur auf die unteren N. N. cervicales bezogen werden können.

Dasselbe gilt auch von den Neuralgien, welche diese Theile betreffen. Die Neuralgia cervico-occipitalis verbindet sich häufig mit Gesichtsschmerzen, erscheint dagegen seltener, wenn sie isolirter ausgesprochen ist, in Complication mit einer Brachialneuralgie, während die letztere eher den unteren Theil der Halsgebilde in Mitaffection bringt. Beispiele hierfür siehe in F. L. J. Valleix Traité des Névralgies ou affections douloureuses des nerfs. Paris, 1841. p. 231 fgg.

Der N. phrenicus bildet immer den motorischen Nerven des Zwerch- 1354
felles. Seine mechanische, chemische oder galvanische Reizung hat stets bei frisch getödteten Thieren Zuckungen des Diaphragma zur Folge. Diese Erscheinung tritt nach Affection des rechten Nervenstammes mehr in der rechten, nach der des linken in höherem Grade in dieser Hälfte des Zwerchfelles ein. Daß aber der Nerv nicht bloß motorisch, sondern auch gemischt sei, lehrt die Erfahrung, daß seine Durchschneidung bei Hunden Heulen und bei Kaninchen allgemeine Körperbewegungen veranlaßt.

Reizung des N. vagus oder des Brusttheiles des N. sympathicus ruft weder bei Pferden noch bei Hunden oder Kaninchen Zwerchfellbewegungen hervor. C. F. Burdach [1]) bemerkte nach galvanischer Irritation des rechten Zwerchfellnerven des Kaninchens Bewegungen des Magens, die nicht bloß von dem mechanischen Impulse des Diaphragma herrühren sollten und nach Einwirkung des linken N. phrenicus ausblieben. Ich konnte diese Erscheinung weder bei älteren noch neueren Versuchen wahrnehmen. Möglicher Weise war vielleicht der galvanische Strom so stark, daß er sich durch die feuchten thierischen Theile bis zum Magen fortpflanzte. Eben so kann auch leicht dieses Organ selbstständige Einschnürungen darbieten, sobald es überhaupt auf anderem Wege zur Zusammenziehung angeregt worden. Die bisher beobachteten physiologischen Thatsachen scheinen vielmehr darauf hinzudeuten, daß die muskulomotorischen Fasern des N. phrenicus einzig und allein dem Zwerchfelle angehören.

Hat man bei Kaninchen beide Zwerchfellnerven am Halse durchschnit- 1355
ten, so leben sie noch Monate lang ohne erhebliche Beschwerde fort. Sie zeigen höchstens eine stärkere Bauchathmung und, wie es scheint, einen etwas schnelleren Herzschlag. Diese Thatsache, welche bis auf die neueste Zeit bezweifelt worden, erklärt sich leicht aus mehrfachen Gründen. Denn

1) fragt es sich noch sehr, ob überhaupt eine vollständige Lähmung des Diaphragma den Athmungsproceß zu unterbrechen oder selbst auf eine lebensgefährliche Weise zu stören im Stande sei. Menschen mit sehr großen Zwerchfellbrüchen werden oft sehr alt. Fälle, wo bejahrte Leute so große Hernien der Art besaßen, daß bedeutende Abtheilungen der Gedärme, die ganze Milz u. dgl. in der Brusthöhle lagen, gehören nicht einmal zu den Seltenheiten. Im Leben zeigten sich trotz der beschränkten Thätigkeit

---

[1]) C. F. Burdach Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. I. Leipzig, 1819. 4. S. 240.

des Zwerchfelles keine bedeutenden Athmungs-, wohl aber Unterleibsbeschwerden. Die unvollkommene Ausbildung des Diaphragma der Vögel und der Mangel desselben bei Amphibien beweist überdies, daß es keinen unerläßlichen Theil des Athmungsapparates darstellt.

2) aber ist der N. phrenicus nicht der einzige Nerv, welcher das Zwerchfell versorgt. Wenn auch die Fasern des Vagus und Sympathicus, welche in dasselbe eintreten, keinen motorischen Einfluß auf dieses Organ ausüben, so zeigt uns schon die §. 1349 gegebene Uebersicht, daß z. B. der 6te bis 11te oder 12te Brustnerv Zweige an das Zwerchfell abgiebt. Eben so werden wir in der Folge bei dem N. hypoglossus finden, daß die obersten Halsnerven ihren Antheil durch den R. descendens Hypoglossi und den R. phrenicus secundarius an das Zwerchfell abgeben. Die Durchschneidung beider Zwerchfellnerven kann daher keine ganz vollkommene Lähmung des Diaphragma veranlassen.

Da das Zwerchfell bei dem Schluchzen vorzugsweise in Anspruch genommen wird (§. 411), so müssen wir in Fällen von anhaltendem krampfhaften Singultus die Gegend der Ursprungsstelle des N. phrenicus prüfen, um uns zu versichern, ob ein Localleiden dieser Stelle vorhanden sei oder nicht. Fälle, wo dieses Uebel durch örtliche Reizmittel am Nacken und Halse angeblich gehoben worden, finden sich in: G. Hirsch Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg, 1843. 8. S. 250. 51. gesammelt. Sehr häufig jedoch bildet die Krankheit einen Reflex der Abnormität anderer Organe, welcher durch das centrale Nervensystem vermittelt wird. Siehe M. H. Romberg Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Bd. I. Abth. II. Berlin, 1843. 8. S. 354—58.

1356 Die innige Verbindung des Achselgeflechtes mit den unteren Halsnerven bedingt es, daß oft beide zugleich krankhafter Weise afficirt werden. Hierher gehören vorzüglich die örtlichen Neuralgien des Plexus axillaris, welche sich häufig über den benachbarten Halstheil erstrecken, bei ihnen fehlen nicht selten die peripherischen entsprechenden Wirkungen der afficirten Nervenstämme, oder die Schmerzen erstrecken sich zugleich längs eines oder mehrerer derselben, z. B. vorzüglich längs des N. ulnaris. Nach dem Tode zeigt oft das Achselgeflecht gar keine oder wenigstens in keinem Verhältniß mit den Lebenserscheinungen stehende Veränderungen [1]).

Vergleichen wir die §. 866 gegebene Tabelle der Wirkungen der Armmuskeln mit der §. 1349 gelieferten Uebersicht der Nerven, so sehen wir, daß diese keineswegs immer den verschiedenen Bestimmungen der ersteren entsprechen, sondern daß nicht selten antagonistische Muskelgruppen von einem und demselben Nervenstamme versehen werden. So z. B. erhalten sowohl der Deltoideus, welcher den Arm nach oben führt, als der Pectoralis major, der ihn nach der Brust zieht, Zweige von den N. N. thoracici anteriores. Einerseits werden zwar Beuger des Vorderarmes, wie der Biceps brachii und der Brachialis internus von dem N. musculo-cutaneus, die Strecker dagegen, wie der Triceps, von dem N. axillaris versorgt. Allein der dreiköpfige Armmuskel nimmt noch eben so gut wie der Brachialis internus Zweige vom N. radialis in sich auf. Der als Adductor der Hand thätige Flexor carpi ulnaris empfängt seine bewegenden Nerven

[1]) Valleix Traité de Névralgie. Paris, 1841. 8. p. 315.

von dem N. ulnaris, sein Antagonist, der Flexor carpi radialis, dagegen von dem N. radialis. Dieser letztere Stamm versorgt jedoch auch den Extensor carpi ulnaris, der ebenfalls die Hand abducirt, und die Extensores carpi radiales longus und brevis, welche ihm entgegenarbeiten. Wenn daher einseitige durch die Nerven selbst bedingte Lähmungserscheinungen der oberen Extremität in allen den genannten und ähnlichen Fällen vorkommen, so hat es mehr Wahrscheinlichkeit, daß ihre Ursache in den Centraltheilen liege. Anders dagegen kann sich die Sache z. B. bei den Beugungen und Streckungen der Finger verhalten. Denn eine bloße Paralyse des N. medianus wird die Flexion und eine solche des N. radialis die Extension derselben unmöglich machen. Eben so sind bisweilen die Gefühlsbezirke derselben ziemlich getrennt. Der N. ulnaris nämlich versorgt vorzüglich die fühlenden Stellen des kleinen Fingers, des Ringfingers und des Mittelfingers, während sich die N. N. musculo-cutaneus, radialis und medianus in die übrigen Finger und zum Theil die Rückenflächen der genannten Finger theilen.

Die einzelnen empfindenden Bezirke der oberen Extremität ergeben sich aus der §. 1349 gelieferten Tabelle von selbst. Versuchen wir aber die motorischen Functionen in Bezug auf verschiedene Krankheitszustände übersichtlich darzustellen, so erhalten wir folgendes Schema:

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
Vordere Aeste des 2ten, 3ten und 4ten Halsnerven.	Hebung der Schulter.	Levator scapulae.
Hinterer Ast des 7ten Halsnerven.	Desgl.	Rhomboideus major u. minor.
N. dorsalis scapulae des 5ten, N. thoracicus posterior des 6ten und vorderer Ast des 7ten Halsnerven.	Senkung der Schulter.	Serratus anticus magnus. (5ter und 6ter Brustwirbelnerv.)
(N. dorsalis scapulae.)	(Hebung der Schulter.)	(Levator scapulae und Rhomboideus major und minor.)
N. N. occipitalis magnus, dorsalis scapulae und hinterer Ast des 7ten Halsnerven.	Hebung des Schlüsselbeines und des Schulterblattes nach oben oder Zug des letzteren nach innen und unten.	Cucullaris. (1ster und 2ter Brustwirbelnerv.)
N. N. thoracici anteriores.	Herabziehen des Schlüsselbeines.	Subclavius. Deltoideus.
	Hebung des Oberarmes.	Deltoideus.
	Senkung desselben.	Pectoralis major.
	Zug des Oberarmes nach vorn gegen die Brust und Rollung desselben nach innen.	Pectoralis major. (1ster Brustwirbelnerv.)
N. suprascapularis.	Hebung des Oberarmes.	Supraspinatus.
	Auswärtsrollung des Oberarmes.	Supraspinatus und Infraspinatus.
N. N. subscapulares.	Einwärtsrollung des Oberarmes.	Subscapularis. Teres major.
N. marginalis scapulae.	Senkung des Schulterblattes.	Serratus anticus major.
	Senkung und Einwärtsrollung des Oberarmes.	Latissimus dorsi.

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
N. cutaneus brachii medius.	Beugung des Vorderarmes.	Biceps brachii.
	Senkung der Schulter?	Coracobrachialis.
N. cutaneus brachii internus s. musculo-cutaneus s. perforans Casserii.	Beugung des Vorderarmes.	Biceps brachii und Brachialis internus.
N. axillaris.	Einwärtsrollung des Oberarmes.	Teres major.
	Auswärtsrollung desselben.	Teres minor.
	Hebung desselben.	Deltoideus.
	Streckung des Vorderarmes.	Triceps brachii.
N. ulnaris.	Beugung und Adduction der Hand.	Flexor carpi ulnaris.
	Beugung der 4 Finger.	Flexor quattuor digitorum communis sublimis u. profundus. Flexor digiti minimi brevis. (Abductor und Opponens digiti minimi.)
	Adduction des Daumens.	Adductor pollicis.
	Abduction des Zeigefingers.	Abductor indicis.
	Auseinanderspreizen der Finger.	Interossei.
N. medianus.	(Beugung des Vorderarmes).	(Biceps brachii.)
	Pronation desselben.	Pronator teres und quadratus.
	Beugung der Hand.	Flexor carpi radialis (und ulnaris).
	Beugung der Finger.	Flexor quattuor digitorum sublimis und profundus. (Lumbricales.) Flexor pollicis longus und brevis.
	Abduction und Drehung des Daumens nach innen.	Abductor und Opponens pollicis.
N. radialis.	(Einwärtsrollung des Oberarmes.)	(Latissimus dorsi.)
	Beugung des Vorderarmes.	Brachialis internus.
	Streckung des Vorderarmes.	Triceps brachii.
	Supination des Vorderarmes.	Supinator longus und brevis.
	Beugung und Abduction der Hand.	Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus und brevis.
	Streckung der Hand.	Extensores carpi radiales und Extensor carpi ulnaris.
	Streckung der Finger.	Extensor digitorum communis. Extensor pollicis longus und brevis, indicis und digiti minimi.
	Abduction des Zeige- und des kleinen Fingers, Ad- und Abduction des Daumens.	Abductor indicis und digiti minimi. Adductor und Abductor pollicis longus und brevis.

Es versteht sich von selbst, daß diese, so wie die bald folgende, die untere Extremität betreffende Tabelle weder die Varietäten der Nervenstämme, noch die etwaigen durch Anastomosenverbindungen bedingten Ausbreitungen berücksichtigen kann. Wie man leicht

sieht, hängt auch eine und dieselbe Hauptthätigkeit nicht bloß von verschiedenen Muskeln, sondern auch nicht selten von differenten Nervenstämmen ab, so daß die Lähmung des einen von ihnen nur eine unvollkommene Paralyse der Gesammtfunction bedingen kann. Die Verkrümmungen und abnormen Stellungsverhältnisse der einzelnen Parthieen des Armes, welche durch die freigegebene Thätigkeit des Antagonisten einer bestimmten gelähmten Muskelgruppe entstehen, läßt sich nach der §. 866 gegebenen Uebersichtstabelle der Muskelwirkungen leicht ermitteln.

Betrachten wir vorzüglich die tieferen Lagen der Rückenmuskeln als 1357
Strecker, die Bauchmuskeln dagegen als Beuger der Wirbelsäule, so finden wir den Gegensatz, daß die ersteren vorzugsweise von den hinteren, die letzteren dagegen von den vorderen Aesten der entsprechenden Rückenmarksnerven versorgt werden. Während aber jeder von ihnen sein Contingent zu den tieferen Rückenmuskeln liefert, schöpft der Obliquus abdominis externus seine motorischen Fasern aus den vorderen Aesten des 8ten bis 12ten Brustwirbelnerven und dem N. ileo-hypogastricus (sowie selbst dem N. ileo-inguinalis) des ersten Lendennerven, der Obliquus abdominis internus und der Transversus abdominis aus den vorderen Zweigen des 9ten bis 12ten Brustwirbelnerven, dem N. ileo-hypogastricus (ileo-inguinalis) des 1sten und dem N. inguinalis des 2ten Lendennerven, der Rectus abdominis aus den vorderen Stämmen des 9ten bis 12ten und der Pyramidalis abdominis aus dem 12ten Brustwirbelnerven. Der Quadratus lumborum entnimmt seine Nervenfasern aus den vorderen Aesten des 12ten Brust- und des 1sten, 2ten und 3ten Lendenwirbelnerven, so wie bisweilen noch aus dem N. ileo-hypogastricus und dem N. ileo-inguinalis.

Complicirter werden die Verhältnisse der motorischen Nerven der ro- 1358
then Muskeln, welche in dem Bereiche des kleinen Beckens angebracht sind. Den Coccygeus versorgen der 4te und 5te Kreuzbeinnerv. Abstrahiren wir aber von den später zu betrachtenden durch den N. sympathicus hindurchtretenden Aesten, so erhalten der Levator ani Nervenfasern vom 4ten Kreuzbeinnerven, die Transversi perinaei vom N. pudendus communis des Hüftgeflechtes, der Sphincter ani externus von dem N. pudendus communis und dem N. haemorrhoidalis imus des Schaamnerven oder des Schaamgeflechtes, der Ischiocavernosus und der Bulbocavernosus von dem N. pudendus communis, der Cremaster von dem N. spermaticus des zweiten Lendennerven und der Constrictor cunni von dem N. pudendus communis.

Die untere Extremität zeigt das eigenthümliche Verhältniß, daß 1359
manche entgegengesetzte Muskelgruppen, wie z. B. die vorzüglichsten Beuger und Strecker des Hüft- und Kniegelenkes, von gesonderten Nervenstämmen versorgt werden, während fast alle Muskeln des Unterschenkels und des Fußes dem N. ischiadicus anheimfallen. So z. B. erhalten die beiden Psoae und der Iliacus internus als Beuger des Oberschenkels ihre Nervenfasern von dem 1sten bis 4ten Lendennerven und dem N. cruralis, die Strecker dagegen, wie der Glutaeus maximus aus dem N. glutaeus superior und der Obturator internus aus dem N. ischiadicus (oder obturatorius). Allein dieses Verhältniß trübt sich schon dadurch, daß die Ad-

ductores und der Pectineus, welche sich ebenfalls bei der Flexion des Femur betheiligen können, Zweige des N. obturatorius und zum Theil des N. ischiadicus empfangen. Die Beuger des Kniegelenkes, wie der Biceps femoris, der Semitendinosus und Semimembranosus werden von dem N. ischiadicus, die Strecker, wie der Rectus femoris, Vastus externus und internus und cruralis von dem N. cruralis versorgt.

1360 Eine eigenthümliche Mischung, die vorzüglich für die Beurtheilung der Nervenschmerzen von Bedeutung werden kann, tritt in Betreff der sensiblen Nerven der unteren Extremität ein. Obgleich nämlich die Fasern des N. ischiadicus die Haut des ganzen Beines von dem Gesäße bis zu den Zehen versorgen, so können doch auch neurologische Affectionen des N. cruralis bis zum Fußrücken und solche des N. obturatorius bis über den Unterschenkel hinabreichen.

Versuchen wir wiederum, die Muskelwirkungen der Hauptnerven der unteren Extremitäten zu specialisiren, so erhalten wir folgende Gesammtübersicht:

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
Erster bis fünfter Lendennerv.	Beugung des Beckens oder des Oberschenkels.	Psoas major und minor.
N. pudendus externus des zweiten Lendenverven.	Desgl.	Psoas major (und minor).
N. cutaneus femoris anterior externus.	(Desgl.)	(Psoas major und minor und Iliacus internus.)
N. cruralis.	Beugung des Beckens oder des Oberschenkels.	Psoas major und minor. Iliacus internus. (Sartorius.)
	Adduction und Abduction des Oberschenkels.	Pectineus und Tensor fasciae latae.
	Streckung des Unterschenkels.	Rectus femoris. Vastus externus und internus. Cruralis. (Sartorius.)
	Beugung der großen Zehe.	Flexor hallucis brevis.
N. obturatorius.	(Beugung des Beckens oder des Oberschenkels.)	(Psoas major und minor.) (Pectineus.)
	Adduction des Oberschenkels.	Adductor longus, brevis und magnus.
	Drehung desselben nach außen und hinten.	Obturator externus und internus.
N. glutaeus superior.	Streckung des Beckens oder Oberschenkels und Abduction des letzteren.	Glutaeus maximus medius und minimus.
	Drehung desselben nach beiden Seiten, vorzüglich aber nach hinten und außen.	Glutaei. Tensor fasciae latae.
N. glutaeus inferior.	Wie der vorige, nur schwächer.	Glutaeus maximus.
Hauptstamm des N. ischiadicus.	Drehung des Beckens nach innen und vorn oder des Oberschenkels nach außen und hinten.	Gemelli (Piriformis). Obturator internus. Quadratus femoris. Adductor magnus.
	Streckung des Oberschenkels.	Obturator internus. Caput longum bicipitis. Semitendinosus. Semimembranosus.

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
	Beugung des Unterschenkels.	Biceps, Semitendinosus. Semimembranosus. (Popliteus.)
	Außerdem die Wirkung der N. peroneus und tibialis.	
N. peroneus.	Beugung des Unterschenkels.	Biceps femoris. Gastrocnemius. (Popliteus.)
	Drehung nach außen oder Supination.	Biceps femoris.
	Emporheben der Ferse.	Gastrocnemius. Soleus. (Plantaris.)
	Abduction des Fußes.	Peroneus longus und brevis.
	Hebung des äußeren Fußrandes.	Peroneus longus, brevis und tertius.
	Hebung des inneren Fußrandes.	Tibialis anticus.
	Beugung des Fußes.	Tibialis anticus und Peroneus tertius. (Extensor communis digitorum longus und Extensor hallucis longus.)
	Streckung der Zehen.	Extensor communis digitorum longus u. brevis. Extensor hallucis longus und brevis.
	(Adduction der zweiten Zehe.)	(Interosseus dorsalis I.)
N. tibialis.	Beugung des Unterschenkels.	(Popliteus.) Gastrocnemius.
	Emporheben der Ferse.	Gastrocnemius. Soleus. (Plantaris.) (Tibialis posticus.)
	Adduction des Fußes.	Tibialis posticus.
	Hebung des inneren Fußrandes.	Derselbe.
	Beugung der Zehen.	Flexor digitorum longus und brevis. Flexor hallucis longus und brevis. (Adductor hallucis.) Caro quadrata Sylvii. Lumbricales.
	Adduction und Abduction der großen Zehe.	Adductor und Abductor hallucis. (Transversus pedis.)
	Abduction der kleinen Zehe.	Abductor digiti minimi.
	Adduction oder Abduction der einzelnen Zehen.	Interossei.

Hirnnerven. — Während die Rückenmarksnerven nur sensible 1361
und motorische Fasern führen, sind außerdem noch in den Hirnnerven die höheren sensuellen nervösen Leitungsgebilde enthalten. Hierbei vermittelt der N. olfactorius nur die Energie des Riechens, der N. opticus die des Sehens und der N. acusticus die des Hörens und keine andere Thätigkeit. Dagegen ist der N. glossopharyngeus nach den jedoch noch der genaueren Specialisirung bedürfenden Erfahrungen einzelner Forscher nicht bloß der sensuelle Nerv der Geschmacksempfindung, sondern auch motorisch, so daß er dann den einzigen sensuell gemischten Nerven unseres Körpers darstellen würde.

1362 Die drei höheren Sinnesnerven bilden in frühester Embryonalzeit unmittelbare Verlängerungen des Gehirns, in welche sich sogar Fortsetzungen der Ventrikel desselben hineinziehen. Der N. olfactorius behält diesen Charakter einer unmittelbaren Wucherung des centralen Nervensystemes am deutlichsten bei. Seine Primitivfasern sind fein und weich und gleichen selbst noch an der Schädelbasis eher denen der weißen Substanz des Gehirns als denen eines peripherischen Nerven. Der N. opticus zeigt die peripherischen Merkmale im Chiasma und jenseits desselben deutlich. Allein seine Primitivfasern sind noch sehr dünn. Der N. acusticus endlich bietet im Schädel eine weichere Consistenz dar. Seine Fasern dagegen besitzen eine größere Breite als die der beiden früher genannten Nerven. Die Elemente des N. glossopharyngeus endlich unterscheiden sich nicht mehr durch fixe Eigenthümlichkeiten von anderen peripherischen Nerven.

1363 Die sensuellen Nerven haben außerdem eine besondere Geneigtheit, sich mit Nervenkörpern zu belegen. Alle drei Wurzeln des Geruchsnerven, die äußere oder lange, die mittlere oder graue und die innere oder kurze führen graue oder gallertige Substanz an oder neben sich. Sie erhält sich sogar noch häufig in geringem Grade innerhalb des Riechstreifens und nimmt in dem Geruchskolben (Bulbus cinereus) bedeutend zu, so daß dieser bei der gleichzeitigen Zartheit und Weichheit der Primitivfasern einem Hirnganglion in vieler Beziehung gleicht. Der Sehnerv hat zwar weder in dem Chiasma, noch außerhalb desselben als Nervenstamm Ganglienkugeln; allein diese kehren in der Nervenkörperschicht der Netzhaut von Neuem wieder. Der Gehörnerv zeigt nicht nur an einzelnen Stellen einen röthlichen Belag, sondern der Vorhofsnerv bildet sogar, ehe er sich in seinen hintern, mittleren und unteren Zweig trennt, eine besondere Anschwellung, die sogenannte Intumescentia ganglioformis Scarpae. An dem Zungenschlundkopfnerven endlich treten vorzüglich die hinteren Wurzelbündel an das Ganglion jugulare superius, während später alle Fascikel desselben das Ganglion petrosum N. glossopharyngei besitzen. So auffallend aber diese reichliche Anwesenheit von Nervenkörpern an den verschiedenen Sinnesnerven ist, so wenig läßt sich bis jetzt ihr specieller Nutzen mit Bestimmtheit darlegen.

1364 Die übrigen acht Hirnnerven sind endweder rein motorisch oder gemischt. Ein rein sensibler Nervenstamm scheint unter ihnen und in dem Körper des Menschen und der Haussäugethiere überhaupt nicht vorzukommen. Denn der N. vagus, dem diese Eigenschaft von einzelnen Forschern zugeschrieben wird, ist ebenfalls nach den Beobachtungen Anderer gemischt. Bloß motorische Fasern führen die N. N. facialis und accessorius und wenigstens größtentheils, wo nicht gänzlich die N. N. patheticus, abducens und hypoglossus. Aus sensiblen und bewegenden gemischt erscheinen die N. N. oculomotorius, trigeminus und, wie erwähnt, der N. vagus.

1365 Beiderlei Arten von Fasern vertheilen sich, wie wir gesehen haben, symmetrisch an die doppelten Wurzeln der Rückenmarksnerven, so daß die hinteren sensibel, die vorderen motorisch sind. Etwas Aehnliches findet nur bei dem N. trigeminus Statt. Denn seine größere Portion führt

nur schmerzempfindende, seine kleinere einzig und allein muskelbewegende Fasern. Wäre der herumschweifende Nerv bloß sensibel, so würde er sich zum Beinerven, wie eine vordere zu einer hinteren Wurzel verhalten. Dagegen ist z. B. der N. oculomotorius von vorn herein gemischt, ohne daß sich seine empfindenden Fasern nach den bisherigen Beobachtungen von den bewegenden unmittelbar sondern lassen. Umgekehrt sind alle Theile des Antlitznerven ohne Unterschied ihrer verschiedenen Wurzelbündel motorisch.

Jede sensible Wurzel eines Rückenmarksnerven besitzt ihr Ganglion, 1366
an welchem die motorische keinen Antheil nimmt. Dieses Verhältniß wurde früher als ein Kriterium der Vermittlung der Schmerzensempfindung angesehen und auf die Hirnnerven übertragen. Spätere Untersuchungen lehrten jedoch, daß eine Analogie der Art nicht Statt findet. Nur die größere Portion des dreigetheilten Nerven hat ihren Gasser'schen Knoten, an dem die kleine keinen Theil nimmt. Wäre selbst der N. vagus rein sensibel, so könnte doch sein Jugularknoten mit keinem Spinalganglion verglichen werden, weil auch der motorische Beinerv in dasselbe eintritt und hier der sogenannte vordere Ast desselben seine Fasern mit denen des herumschweifenden vermengt. Der gemischte N. oculomotorius hat überdies gar keine Ganglienanschwellung, während der rein motorische Antlitznerv eine solche zwar nicht an seinem Ursprunge, aber doch am Anfange seines peripherischen Verlaufes, an seinem Knie nämlich besitzt. Wenn daher auch an den hinteren Wurzelfäden des N. hypoglossus als seltene Ausnahme ein Knötchen beobachtet worden (Mayer)[1], so läßt sich kein Schluß in Betreff der gemischten Natur des Zungenfleischnerven aus dieser selbst als richtig angenommenen Thatsache herleiten.

I. Geruchsnerv (N. olfactorius). — Die Durchschneidung dieses 1367
Nerven bei Säugethieren oder Vögeln erregt nicht die geringste Schmerzensäußerung[2], hat dagegen den Verlust alles objectiven Geruchssinnes zur Folge. Selbst hungerige Hunde, an denen man die erwähnte Operation vorgenommen, achten nicht mehr auf Fleisch, das man ihnen in ein Papier gewickelt vorwirft (Magendie). Kaninchen, die früher den Leichnam eines anderen frisch getödteten Thieres derselben Art beschnüffelt haben, unterlassen dieses, nachdem ihre Riechnerven getrennt worden. Während aber die Geruchsempfindung auf diese Weise verloren geht, erhält sich die Tastperception der Nasenschleimhaut, die von den sie versorgenden Zweigen des N. trigeminus herrührt, auf das Vollständigste. Es entsteht nicht nur Schmerz, wenn man die Schneider'sche Membran mit einem Drahte unsanft berührt oder verletzt, sondern Substanzen, welche leicht verdunsten und hierbei die organischen Theile anätzen, wie Ammoniak,

---

[1] Weder Bach noch ich konnten jedoch dasselbe bei dem Menschen auffinden. Siehe die neue Bearbeitung von Sömmerring's Hirn- und Nervenlehre. Leipzig, 1841. 8. S. 517.

[2] Vergl. auch Magendie Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Aus dem Französischen übersetzt von G. Krupp. Leipzig, 1841. 8. S. 232.

Chlor, Aether u. dgl. werden deutlich wahrgenommen. Diese Erscheinungen sind aber von dem wahren Geruche, wie wir schon bei diesem gesehen haben, wesentlich verschieden. Es war daher nicht begründet, wenn einzelne frühere Schriftsteller auch dem N. trigeminus einen Antheil an den sensuellen Riechempfindungen zugestehen wollten.

Krankheitsfälle des Menschen führen zu denselben Resultaten. Angeborener Mangel der Geruchsnerven, Zerstörung derselben durch drückende Geschwülste, Vereiterung u. dgl. bedingt auch den vollkommenen Verlust des Geruchssinnes. Personen der Art empfinden aber noch vollkommen jeden mechanischen Reiz, welcher ihre Nasenschleimhaut trifft, und unterscheiden bei dem Aufriechen sehr gut reines Wasser von solchem, welches mit Aetzammoniak geschwängert worden. Uebt eine sich ausbildende Geschwulst einen allmäligen Druck auf die noch nicht gelähmten Riechnerven aus, so hat das Individuum unaufhörlich subjective Geruchsempfindungen. Manche Kranke der Art glauben daher, daß sich immer ein faulender Leichnam oder Excremente u. dgl. in ihrer Nähe befinden. Daß auch ähnliche Erscheinungen bei Affectionen der Großhirntheile, welche Fasern der Geruchsnerven enthalten, auftreten können, versteht sich von selbst.

Um die Geruchsnerven ohne vollständige Oeffnung des Schädels, z. B. bei Kaninchen zu durchschneiden, legt man den vorderen mittleren Theil des Stirnbeines bloß, trepanirt eine ungefähr ¼ Quadratzoll große Knochenlamelle der Mitte desselben heraus, geht mit einem Skalpell ein und zerstört die beiden Riechnerven, indem man mit der Schneide bis zur entgegengesetzten Knochenwand hinübergeht und sie möglichst weit nach rechts und links wendet. Man kann dann auf solche Weise die beiden Geruchsnerven oder die Riechkolben verletzen. Die Thiere geben bei diesem Theile der Operation nicht das geringste Schmerzenszeichen von sich und empfinden es auch nicht, wenn man das centrale Stück des Nerven allein (ohne die benachbarten Parthieen) reizt. Die Blutung ist im Ganzen unbedeutend und steht bald von selbst oder nach Anwendung kalten Wassers still. Heftet man die Wunde zu, so kann man die Kaninchen bisweilen längere Zeit am Leben erhalten.

Eine Reihe von Krankheitsfällen, in denen die Zerstörung der N. N. olfactorii den Verlust des Geruchssinnes nach sich zog, finden sich in: De functionibus nervorum p. 11. und F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. Paris, 1842. 8. p 37—41. Was die angebliche Riechempfindung der Aeste des N. trigeminus betrifft, so stützte man sich in pathologischer Hinsicht vorzüglich auf einen von Bérard beobachteten Fall, in welchem ein Mann, dessen Riechnerven durch eine fungöse Geschwulst zerstört waren, durch die Ausdünstung eines anderen neben ihm liegenden mit einem Congestionsabscesse behafteten Kranken unangenehm afficirt wurde. Allein abgesehen davon, daß Bérard selbst diese Beobachtung späterhin als unzuverlässig erklärte (Longet a. a. O. p. 41.), bildet gerade der Druck einer Geschwulst ein sehr precäres Moment, um die Lähmung aller Primitivfasern eines Nerven sicher nachzuweisen.

1368 II. Sehnerv (N. opticus). — Legt man diesen Nerven bei Kaninchen oder Tauben an der Schädelbasis bloß und reizt ihn mechanisch, so entsteht kein deutliches Zeichen von Schmerzensempfindung[1]). Die Thiere bewegen sich nur bisweilen, offenbar weil ein lebhaftes subjectives Lichtbild in diesem Augenblicke in ihrem Gesichtsfelde auftritt. Die gleiche Erfahrung kann man nicht selten an Menschen, denen ein Augapfel exstirpirt

---

[1]) Vergl. Magendie a. a. O. S. 232. 33.

wird, machen. Ist der N. opticus isolirt, so verursacht die Durchschneidung desselben keine Schmerzen, während die nothwendigen Verletzungen der zahlreichen Aeste des N. trigeminus die bedeutendsten Qualen veranlaßt und die Operation zu einer der schmerzhaftesten der Chirurgen macht. Bisweilen erscheinen dann auch dem Kranken Feuerbilder, die noch später wiederkehren und bei der nachfolgenden Entzündung mit besonderer Intensität hervortreten. In manchen Fällen nehmen jedoch auch die Kranken keine Lichtphantasmen während der Trennung des selbst noch ganz gesunden Sehnerven wahr [1]).

Die Netzhaut zeigt die gleiche Unempfindlichkeit bei Kaninchen und selbst nach Magendie bei dem Menschen. Ihre Zerreißung mittelst der Staarnadel veranlaßt keine Schmerzensäußerungen, während diese sogleich nach dem Anstechen der Ciliarnerven erschien.

Natürlicher Weise müßte der Schädel, wenn wir die einzelnen Hirnnerven an der Basis cranii durchschneiden wollten, geöffnet und das Thier daher nicht bloß einer qualvollen, sondern einer zum Theil nutzlosen Operation ausgesetzt werden, weil der starke Eingriff kaum sichere Folgeresultate erlaubte und eine fernere Beobachtung unmöglich machte. Um alle diese Nachtheile, so weit es angeht, zu vermeiden, dient das von Magendie zuerst gebrauchte Neurotom. Ein in einem Griffe befestigtes Stilet a trägt ein kleines vorn spitzes beilartiges Messer b. Dieses wird nun von außen an einer bestimmten Stelle eingestochen, auf seiner breiten Fläche liegend bis zu dem Nerven fortgeführt und nun so herumgedreht, daß die Schneide auf demselben zu stehen kommt. Um daher bei der letztern Drehung sicher zu gehen, bezeichnet man sich diejenige Seite des Griffes, welche dem Rücken des Stilets entspricht, mit einem schwarzen Punkte oder einem eingefeilten Striche. Das Neurotom findet bei Versuchen über die N. N. opticus, oculomotorius, trigeminus und abducens seine Anwendung. Man orientirt sich über seine Führung in den genannten Einzelfällen am besten, wenn man einen frisch präparirten geöffneten Schädel eines Kaninchens oder Hundes unmittelbar neben sich hat. Für größere Thiere, wie Hunde oder Katzen, oder zur Durchschneidung der Rückenmarkswurzeln dient eine Form des Instrumentes, wie es c darstellt.

Fig. 215.

Um den Sehnerven bei Kaninchen in der Schädelhöhle zu trennen, führt man das Neurotom vor dem Ohre in den Schädel ein, geht der Hinterwand der Orbita entsprechend nach innen und durchschneidet alsdann den N. opticus. Dieser Versuch mißlingt aber sehr häufig, weil er oft von einer tödtlichen Blutung begleitet wird. Leichter läßt sich die Operation in der Orbita vornehmen, indem man die Bindehaut zwischen dem Augapfel und dem oberen Augenlide an dem Ende des Orbitalrandes des Stirnbeines durchbohrt, das Instrument längs der äußeren und hinteren Wand der Augenhöhle von vorn nach hinten fortstößt, bis zum Foramen opticum vordringt und nun den weich anzufühlenden Sehnerven durchschneidet. Bisweilen wird auch hier die A. ophthalmica verletzt. Allein die dann verursachte Blutung bedingt in der Regel nur ein stärkeres Hervortreten des Bulbus, während die Thiere die Operation Monate lang überleben können.

Jede Zerstörung des N. opticus oder der Netzhaut veran- 1369
laßt vollkommene Blindheit. Abgesehen von den vielfachen Erfahrungen der Art, welche die Pathologie liefert, kann man sich hiervon leicht an Kaninchen überzeugen, wenn man ihren N. opticus in der Schädelhöhle oder der Orbita durchschneidet. Hat man die Operation nur an einer Seite vorgenommen und verbindet dem Thiere das ge-

[1]) De functionibus nervorum p. 16. 17.

sunde Auge, so nimmt es nicht nur alle umgebenden Gegenstände entweder gar nicht oder bloß vermittelst seiner langen Tasthaare oder der Haut überhaupt wahr, sondern wird auch durch die ungewohnte Dunkelheit, welche es jetzt heimsucht, dergestalt aufgeregt, daß es eigenthümliche unzweckmäßige Bewegungen darbietet und z. B. mit der größten Hast vorwärts läuft, bis es an der Wand des Zimmers anstößt.

1370 Die Pupille des afficirten Auges zieht sich im Augenblicke der Durchschneidung des Sehnerven bedeutend zusammen und verharrt in diesem Zustande kürzere oder längere Zeit. Diese Thatsache bildet keine unmittelbare Folge der Thätigkeit des N. opticus, sondern erst die eines durch das Gehirn bedingten Reflexes auf den N. oculomotorius. Denn Reizung des peripherischen Stückes des getrennten Sehnerven verändert das Sehloch nicht. Minder beständig erscheinen die unmittelbaren Wirkungen grellen Lichtes. Läßt man nämlich das durch eine Sammellinse concentrirte Sonnenlicht in das Auge fallen, so bleibt jede Veränderung des Sehloches aus, sobald es gelingt, das Lichtbündel unmittelbar durch die Pupille auf die Netzhaut zu werfen. Wird dagegen zugleich die Iris getroffen oder ist der Versuch mit einer bedeutenderen Erwärmung der Oberfläche des Auges verbunden, so kommen auch Bewegungen der Regenbogenhaut zu Stande. Solche Reflexe können sich dann auf das gesunde Auge, und umgekehrt, wie man bei operirten Kaninchen leicht sieht, übertragen. Auf gleiche Weise zeigt sich nicht selten bei dem Menschen, daß sich die Iris eines gänzlich amaurotischen Bulbus zusammenzieht, so wie das gesunde Auge von starkem Lichte afficirt wird.

Da die Elemente der Netzhaut schon durch ein mehrstündiges ruhiges Verweilen nach dem Tode zerstört werden, so darf es uns nicht wundern, wenn noch die organischen Veränderungen der Retina bei dem schwarzen Staar oder der Amaurose so gut als gänzlich unbekannt sind. In Augen, die seit längerer Zeit ausgelaufen oder sonst zerstört sind, geht kein Theil so leicht als die Netzhaut zu Grunde. Sie fehlt meist gänzlich oder wird durch eine dünne Fasermembran, welche unter dem Mikroskope keine Spur der eigenthümlichen Retinaelemente darbietet, ersetzt. Fehlt auch der Glaskörper, so findet man oft im Innern eine halbdurchsichtige oder weißliche Masse und eine weiße Umhüllung, die zwar dem freien Auge nach einer erhärteten Retina ähnlich sieht, sich aber bei genauerer Prüfung mit vergrößernden Linsen als ein bloßes veraltetes Exsudat darstellt. Beschränkte sich dagegen die Blindheit auf bloße Verdunkelung der Hornhaut und Ausschwitzung in der vorderen Augenkammer und der Pupille, und dauerte sie erst seit einer Reihe von Wochen, so kann die Netzhaut, wie ich wenigstens bei Kaninchen beobachtete, alle ihre normalen Elemente darbieten. Eben so ist sie nicht immer bei Verknöcherungen, welche an ihr vorkommen und die vollkommenste Knochenstructur besitzen, wenigstens in ihrer ganzen Ausdehnung verändert. Daß Trübungen der Hornhaut oder der Krystalllinse oder Verwachsungen der Pupille u. dgl. keinen directen Einfluß auf sie selbst bei dem Menschen ausüben, lehrt die tägliche ärztliche Erfahrung.

Erinnern wir uns, daß wir in der Regel nur den Sömmerring'schen Fleck zum Sehen benutzen und daß in einer nicht sehr großen Entfernung von demselben alle Möglichkeit der Auffassung verschwindet (§. 1100), so tritt in der Netzhaut der merkwürdige Fall ein, daß der größte Theil eines nervösen Organes wenigstens nach unseren bisherigen Kenntnissen zur normalen Unthätigkeit bestimmt ist. Seine Elemente verharren nichts desto weniger in demselben Zustande an den thätigen wie den unthätigen Parthieen.

1371 Die Sehnerven zeigen die eigenthümliche, keinem anderen Nervenstamme zukommende Erscheinung, daß sie sich am Anfange ihres peripherischen Verbreitung zu einem Mittelgebilde, dem Chiasma, verbinden, um

sich erst dann gesondert zu jedem der beiden Augen zu begeben. Obgleich noch der Faserverlauf in dem Chiasma fortgesetzter Untersuchungen bedarf, so ist doch so viel gewiß, daß in ihm nur eine theilweise Kreuzung der Primitivfasern Statt findet. Sie umfaßt nämlich bloß vorzugsweise die inneren und tieferen Fasern, während die äußeren und flacheren, so weit sich das Verhältniß bis jetzt verfolgen ließ, direct zu dem Auge derselben Seite verlaufen. Der Nutzen dieser eigenthümlichen Bildung ist noch völlig unbekannt.

Als man vorzüglich in früherer Zeit vielfach darüber stritt, ob gar keine oder eine theilweise oder eine vollständige Kreuzung der Sehnervenfasern in dem Chiasma Statt finde, suchte man vorzüglich dieses Problem durch pathologische Erfahrungen zu lösen. Allein diese gaben, soweit sich nämlich über die Atrophie oder die Zerstörung des N. opticus bei Erblindeten urtheilen ließ, ganz entgegengesetzte und für jede beliebige Ansicht passende Resultate. War z. B. das rechte Auge zerstört, so zeigten sich bald der rechte, bald der linke, bald beide Sehnerven hinter dem Chiasma atrophisch. Eine Reihe von Fällen der Art sind z. B. in F. Longet a. a. O. Tome II. p. 68—73 gesammelt. Die Aufgabe wird um so schwieriger, als es sich vorzugsweise um die Ermittelung handelt, ob sich die Fasern, welche in den Sömmerring'schen Fleck und dessen Nachbarschaft eintreten, durchkreuzen oder nicht. Nur bei dem Menschen verfolgte Localverletzungen eines Sehnerven hinter dem Chiasma könnten in dieser Hinsicht sicheren Aufschluß gewähren, da die Beurtheilung bei Thieren, ob nur ein Auge oder beide unvollständig oder vollständig erblindet sind, sehr vielen Schwierigkeiten unterliegt.

III. Gemeinschaftlicher Augenmuskelnerv (N. oculomotorius). — Versucht man diesen Nerven bei Kaninchen ohne Verletzung der Schädelhöhle mittelst des Neurotoms zu durchschneiden, so verhalten sich die Thiere, so lange das Instrument zwischen der Schädelbasis und dem Gehirn dahingleitet, vollkommen ruhig. Sie schreien aber, wenn der N. oculomotorius berührt wird, laut auf und wehren sich aufs heftigste gegen diesen Eingriff. Die Schmerzensäußerungen vergrößern sich während der Durchschneidung desselben, verschwinden aber nach derselben auf der Stelle. Diese Thatsache deutet darauf hin, daß der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv keine verhältnißmäßig geringe Menge sensibler Fasern enthält, obgleich ein Theil des Schmerzes auch dadurch entstehen kann, daß die benachbarten Grundflächen der Großhirnschenkel, die, wie wir in der Folge sehen werden, sehr empfindliche Parthieen des Gehirnes sind, gereizt werden. Jedoch geben auch Kaninchen, denen man den Schädel geöffnet und die Großhirnhemisphären entfernt hat, bei dem Anstechen des N. oculomotorius Schmerzenszeichen von sich (Magendie)[1]. Die Punkte, an welchen sich diese sensiblen Fasern des Oculomotorius verbreiten, ließen sich bis jetzt nicht speciell verfolgen. Wahrscheinlich gehen sie oder wenigstens ein Theil derselben durch die kurzen Wurzeln des Ganglion ophthalmicum und die Rami ciliares breves zur Iris und anderen inneren Theilen des Auges. 1372

Um den N. oculomotorius mittelst des Neurotoms bei Kaninchen zu trennen, dringt man wiederum, indem das Messer horizontal liegt, unmittelbar vor dem Ohre durch die Haut und die Knochen in der Höhe der Schädelbasis ein, rückt an dieser bis zu dem dann deutlich fühlbaren Keilbeinkörper vor, hebt hierauf das Ende des Instrumentes durch Senkung des Griffes in geringem Grade, stößt es ½ bis ¼ Linie vor und trennt

[1]) a. a. O. S. 233.

den Oculomotorius. Diese Methode hat den Nachtheil, daß man häufig bei noch so großer Uebung die Carotis cerebralis verletzt. Das Thier wird dann bald darauf von Krämpfen ergriffen, die oft sehr heftig vorzüglich die Hinterfüße afficiren. Beschränkt sich der Bluterguß auf den einen Großhirnschenkel und dessen Umgebung, ohne die Mittellinie der Schädelbasis zu überschreiten, so dreht sich das Kaninchen fortwährend im Kreise nach der der Verletzung entgegengesetzten Seite herum. Erstreckt sich das Extravasat weiter, so werden die Convulsionen allgemeiner. Der Kopf wird gewaltsam rückwärts gezogen. Es zeigen sich mit klonischen Krämpfen abwechselnde Anfälle von Opisthotonus oder von Tetanus, vorzüglich in den Hinterfüßen. Der leiseste Hautreiz verursacht nicht selten den stärksten Anfall solcher Muskelzuckungen. Nach und nach wird die Athmung beschwerlicher. Es stellt sich eine immer heftigere Respiratio abdominalis ein, die Athemzüge bleiben länger aus und werden mühsamer, bis endlich der Tod eintritt.

Dringt man mit dem Neurotom an dem Hinterrande der Orbita in die Schädelhöhle ein, folgt genau der Hinter- und Innenseite der Außenwand der Augenhöhle, senkt dann die Spitze des Instrumentes in der Gegend der Mitte der Schädelgrundfläche nach unten und durchschneidet auf diesem Wege den Sehnerven, so kann man die Verletzung der Hirncarotis eher vermeiden. Allein diese Methode hat den Nachtheil, daß man nicht selten auch das Gehirn afficirt.

1373 Die bewegenden Fasern des N. oculomotorius lassen sich in ihrer peripherischen Verbreitung um Vieles leichter und entschiedener verfolgen. Bekanntlich zerfällt der Hauptstamm desselben in einen oberen und einen unteren Ast. Jener versorgt den Levator palpebrae superioris und den Rectus superior. Dieser dagegen sondert sich in zwei untergeordnete Zweige. Der äußere von ihnen bildet die kurzen Wurzeln des Augenknotens und verbreitet sich außerdem in den Obliquus inferior, während der innere zu dem Rectus inferior und dem Rectus internus geht. Bei den Säugethieren, z. B. dem Pferde, versieht überdies der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv den noch hier vorhandenen Retractor bulbi und sendet selbst Fädchen an den Rectus externus. Der letztere Fall kommt auch bei dem Menschen varietätenweise vor. Alle diese Verbreitungen führen motorische Fasern für die genannten Muskelgebilde.

Bricht man die Augenhöhle bei eben getödteten Kaninchen, Kälbern oder Pferden, vorzüglich aber Hunden oder Katzen von oben her möglichst schnell auf und reizt den oberen Hauptast des Oculomotorius mechanisch oder chemisch, so erzittern nicht selten die Fasern des Levator palpebrae superioris und des Rectus superior. Die Zusammenziehung des letzteren Muskels ist bisweilen so stark, daß sich der Bulbus auf sichtliche Weise nach oben wendet. Reizung des unteren Astes des gemeinschaftlichen Augenmuskelnerven erzeugt Zuckungen in dem Rectus internus und inferior und dem Obliquus inferior. Bei Hunden und Katzen rollt dann sogar der Augapfel häufig nach innen, seltener nach unten. Eine Affection des Stammes des N. oculomotorius ruft aber nicht bloß noch außerdem Zuckungen in dem Retractor bulbi, sondern auch in dem Rectus externus und selbst dem Obliquus superior bei dem Kalbe, dem Schafe und der Katze hervor (Volkmann) [1]).

Es unterliegt keinem Zweifel, daß der N. oculomotorius auch bei dem Menschen mit seinem oberen Aste Bewegungen des Levator palpebrae superioris und des Rectus superior, mit seinem unteren solche des Rectus internus, inferior und Obliquus inferior

[1]) Müller's Archiv. 1840. 8. S. 478.

veranlaßt. Wir finden nicht selten bei zart constituirten Individuen, vorzüglich hysterischen Frauen, eine rein örtliche Lähmung des Levator palpebrae superioris. Das obere Augenlid sinkt herab, kann nicht ohne die Hilfe des Fingers emporgehoben werden, bedeckt einen Theil des Augapfels und erzeugt eine sogenannte Ptosis, während das untere normal bewegt und das Auge gehörig geschlossen zu werden vermag, weil der Orbicularis oculi seine gehörige Thätigkeit beibehält. Da die motorischen Fasern des letzteren von dem N. facialis kommen, so muß bei Lähmung desselben und Integrität des N oculomotorius die Schließung der Augendeckel unmöglich, die Aufhebung des oberen Augenlides dagegen leicht vollführbar sein — eine Folgerung, welche, wie wir bei dem Antlitznerven sehen werden, durch die Erfahrung vollkommen bestätigt wird. Die Functionen des Rectus superior, internus, inferior und Obliquus inferior sind übrigens in den gewöhnlichen Fällen von Ptosis an und für sich nicht gestört.

Eine Paralyse des Rectus internus giebt natürlich der Thätigkeit des Externus freien Spielraum, so daß dann der Augapfel bei der geringsten Gelegenheit nach außen schielt. Umgekehrt vermag eine erhöhte Wirkung des R. inferior oculomotorii eine Abweichung der Augenstellung nach innen oder nach unten und innen hervorzurufen. Bei Schädelverletzungen, welche mit Fissuren und Extravasaten an der Basis cranii verbunden sind, lassen sich nicht selten Belege für jede der beiden genannten Wirkungen nachweisen. Das §. 1016 erwähnte Radschielen, welches nicht sogleich dem Blicke auffällt, sich aber Anfangs durch sein Doppeltsehen charakterisirt und durch die disharmonische Thätigkeit der Obliqui bedingt wird, könnte möglicher Weise durch eine abweichende Wirkung des äußeren Zweiges des unteren Astes des Oculomotorius bedingt werden.

Die Pupille des entsprechenden und oft sogar die des entgegengesetzten 1374
Auges zieht sich bei Kaninchen im Augenblicke der Durchschneidung des in der Schädelhöhle noch befindlichen N. oculomotorius dergestalt zusammen, daß sie nicht selten die Kleinheit eines Stecknadelknopfes erreicht. Sie erweitert sich zwar später allmälig, reagirt aber alsdann nicht mehr, wenn selbst durch eine Sammellinse concentrirtes Sonnenlicht in die Tiefe des Auges eingeleitet wird. Verändert sich das Sehloch des gesunden Bulbus aus irgend einem Grunde, so bleibt sie ebenfalls starr und unbeweglich. Die gleichen Folgen zeigen sich bei lebenden Hunden, welchen der Augenknoten exstirpirt worden (Brachet)[1]. Bei einzelnen frisch getödteten Hunden, Katzen und selbst Kaninchen verengert sich bisweilen die Pupille, wenn man den N. oculomotorius drückt oder die Theile, welche das Ganglion ophthalmicum umgeben, mit diesem ausschneidet. Allein dieses Resultat bleibt in den bei weitem meisten Fällen aus, indem sich die Iris gar nicht bewegt oder sogar das Sehloch in Folge des Todes sehr allmälig an Umfang zunimmt.

Die Lähmung des ganzen Oculomotorius des Menschen veranlaßt Ptosis, Schielen nach außen und die Unmöglichkeit, die Pupille irgend anders als nach unten und außen zu wälzen. Nur der Rectus externus und der Obliquus superior lassen keine Störung ihrer Thätigkeit wahrnehmen. Das Sehloch dreht sich mehr, um nach außen und unten zu gelangen, als daß es sich geradezu in einer Diagonale nach jener Gegend hinbegäbe. Die Pupille hat einen mäßigen Grad von Erweiterung, bleibt bei dem Einfallen starken Lichtes starr, vergrößert sich aber nach Einwirkung der Belladonna. Bisweilen entsteht Schief- oder Doppeltsehen, während die Gesichtsschärfe selbst etwas abnimmt. Das Accommodationsvermögen dagegen verändert sich nur auf sehr unbedeutende Weise[2].

---

[1]) J. L. Braschet Récherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire et sur leur application à la pathologie. Seconde Edition. Paris, Lyon et Montpellier, 1837, 8. p. 419—22.

[2]) Ruete klinische Beiträge. Heft I. Braunschweig, 1843. 8. S. 241—49.

1375 IV. Rollmuskelnerv (N. patheticus s. trochlearis). — Sensible Thätigkeiten lassen sich an ihm wenigstens nicht bestimmt nachweisen. Denn wenn auch bisweilen Kaninchen, denen man den N. patheticus in der Schädelhöhle zu durchschneiden sucht, lebhaft schreien, so macht doch nicht nur die Nähe des N. trigeminus, der fast jedes Mal zugleich gezerrt wird, das Urtheil ungewiß, sondern jede stärkere Schmerzensäußerung in Berücksichtigung der Kleinheit des Nerven in hohem Grade verdächtig. Nach Entfernung des Gehirns entsteht kein Schmerz, sobald der Rollmuskelnerv verletzt wird (Magendie) [1]). Oeffnet man dagegen bei eben getödteten Kaninchen, Katzen oder Hunden die Schädel- und die Augenhöhle, so zieht sich der Obliquus superior und kein anderer Muskel nach Reizung des N. patheticus zusammen. Nicht selten betheiligt sich jedoch dieser auch bei der Nervenversorgung der Thränendrüse.

Die Methode, den Nerven mittelst des Neurotoms zu durchschneiden, stimmt im Wesentlichen mit der, welche für den N. trigeminus gilt, überein. Daß der Versuch bei dem geringen Umfange und dem versteckten Verlaufe des Nerven meistentheils mißlingt, bedarf kaum der Erwähnung. Durchschneidet man den letzteren bei geöffnetem Schädel, so geben sich keine Schmerzensäußerungen zu erkennen.

Angebliche Fälle von Lähmung des N. patheticus mit Radschielen und Doppeltsehen, beobachtet von Sichel und Szokalski, siehe bei Longet a. a. O. Tome II. p. 398—400.

1376 V. Dreigetheilter Nerv (N. trigeminus). — Versucht man diesen Nervenstamm bei sonst unverletzter Schädelhöhle mit dem Neurotom zu durchschneiden, so verhält sich das Thier, so lange das Instrument an der Basis cranii verweilt, vollkommen ruhig, stößt dagegen, so wie man nur die Hirnhautfalte, durch welche der Trigeminus durchgeht, berührt oder gar den Nerven drückt oder durchschneidet, die gellendsten und anhaltendsten Schmerzenstöne aus. Kaninchen schreien bei dieser Gelegenheit so laut und intensiv, wie man es sonst nie von ihnen hört. Oeffnet man den Schädel, hebt die entsprechende Großhirnhemisphäre in die Höhe und trennt dann den dreigetheilten Nerven, so sind die Folgen die gleichen. Sie ändern sich sogar nicht, wenn man die oberen Theile der Großhirnhemisphären nebst den gestreiften Körpern und den Sehhügeln entfernt hat (Magendie, Eschricht) [2]). Ist der Nerv gänzlich durchschnitten oder wenigstens die größere Portion desselben vollkommen getrennt, so hört das Schreien des Thieres unmittelbar nach der Operation auf und kehrt auch nie mehr in der Folgezeit wieder. Blieb dagegen noch eine Parthie der Fasern unversehrt und werden sie durch die nachfolgende Blutung gedrückt oder gezerrt, so dauert das Wehklagen des Thieres länger fort, verliert sich jedoch auch später gänzlich. Der geringste Stich oder Druck aber, welcher die größere Portion des dreigetheilten Nerven trifft, entlockt ihm von Neuem einen durchdringenden Schrei.

1377 Die Pupille des Auges der operirten Seitenhälfte verkleinert sich bei Kaninchen im Augenblicke der Durchschneidung des ganzen N. trigeminus auf das Schnellste, reducirt sich hierbei auf die Größe eines Stecknadel-

[1]) a. a. O. S. 233.
[2]) D. F. Eschricht De functionibus Nervorum faciei et olfactus organi. Hafniae, 1825. 8. p. 40.

knopfes und verharrt in diesem Zustande Wochen und Monate lang. Weder Lichtwechsel noch irgend eine andere Ursache oder die Bewegung der Regenbogenhaut des gesunden Bulbus verändern den Stand der Dinge an dem kranken Auge. Sie bleibt zugleich in ihrem Krampfe, da keine Wiedererzeugung eines durchschnittenen N. trigeminus beobachtet wird, bis zum Tode. Auch bei dem Menschen hat Lähmung des dreigetheilten Nerven, wie einzelne Krankheitsfälle gelehrt haben, Verkleinerung der Pupille zur Folge. Bei Hunden und Katzen dagegen erweitert sie sich unter den gleichen Verhältnissen dergestalt, daß die Iris nur einen schmalen Saum darstellt.

Kein Hirnnerv kann so leicht bei einiger Uebung mit dem Neurotom durchschnitten werden als der dreigetheilte. Man geht zu diesem Zwecke mit dem Instrumente mit horizontal gehaltener Schneide vor dem Ohre ungefähr im Niveau der halben Höhe der Orbita durch die Haut und den Knochen ein, dreht es hierauf so, daß das Messerchen desselben nach unten sieht, und dringt dann gerade vor, bis man die Durchgangsfalte der harten Hirnhaut an der Schädelbasis fühlt. Nun hebt man die Spitze des Instrumentes, schiebt sie etwas nach innen und durchschneidet den dreigetheilten Nerven mit einigen kräftigen Zügen. Hält man sich mehr nach vorn, so trifft man bisweilen nur den R. ophthalmicus, sonst dagegen den ganzen Nervenstamm. Man verletzt hierbei nicht selten, vorzüglich im ersteren Falle, die Hirncarotis, so daß die schon bei dem Oculomotorius geschilderten Symptome in Folge der Blutung eintreten. Sie schwinden aber nach den Versuchen von Magendie, wenn man den Schädel öffnet, die Großhirnhemisphäre emporhebt und das Extravasat entfernt [1]).

Legt man bei einem eben getödteten Säugethiere irgend einer Art, 1378
z. B. dem Kaninchen, dem Schafe, dem Kalbe, dem Pferde, dem Hunde oder der Katze den N. trigeminus an seinem Ursprunge bloß, trennt die beiden Portionen desselben von einander und vom Gehirn und reizt die größere mechanisch oder chemisch, so entstehen keine Zuckungen in den Muskeln des Auges, des Gesichtes, des Ohres, der Zunge, des Halses und überhaupt aller beweglichen, mit rothen Muskelfasern versehenen Theile, durch welche Zweige derselben durchtreten. Dagegen erzittern die Kaumuskeln, der Mylohyoideus und der Digastricus maxillae inferioris, nicht aber der Buccinatorius, so wie man die kleinere Portion angreift. Während also diese letztere motorisch ist, zeigt die erstere rein sensible Eigenschaften. Bisweilen läßt sich dieselbe Thatsache durch die Verhältnisse lebender Thiere erhärten. Wenn nämlich nur die Portio major verletzt ist, behält der Unterkiefer seine normalen Verhältnisse. Ist dagegen der ganze dreigetheilte Nerv getroffen worden, so hängt die untere Kinnlade schlaffer herab (Ch. Bell, Magendie) oder stellt sich bei Kaninchen etwas schief. Jedoch sind diese Symptome, so wie das nur auf die gesunde Seite beschränkte Kauen sehr äquivoke Zeichen, welche leicht zu Täuschungen Veranlassung geben können.

Schwieriger wird der Nachweis, daß die kleinere Portion gar keine 1379
sensiblen Fasern führe. Denn abgesehen davon, daß ihre Isolation bei geöffnetem Schädel des lebenden Thieres sehr erschwert ist, bildet der Reactionsmangel bei Durchschneidung derselben an einem dergestalt ver-

---

[1]) Eschricht a. a. O. p. 40.

letzten Geschöpfe keinen absoluten Beweis, daß alle sensiblen Fasern im strengsten Sinne des Wortes mangelten. Die Analogie mit den Rückenmarksnerven macht hier die rein motorische Natur der kleineren Portion wahrscheinlicher als der physiologische Versuch, welcher höchstens die bei Weitem vorherrschenden bewegenden Eigenschaften dieses Nerventheiles nachweisen kann.

1380 Der dreigetheilte Nerv erlangt dadurch einen besonderen Einfluß, daß er nicht nur die Sensibilität der Haut des Gesichtes, sondern auch die der vier höheren Sinneswerkzeuge vorzugsweise beherrscht. Die inneren Theile des Auges, insbesondere die Regenbogenhaut, die Bindehaut, die Thränendrüse, die Thränenkarunkel und der Thränensack werden von dem ersten, der Thränengang von dem zweiten und die Bindehaut nebst den Augenlidern von beiden genannten Zweigen des N. trigeminus versorgt. Während auch wahrscheinlich feine Fäden desselben zu den Schleimhäuten des inneren Gehörorganes gelangen, lassen sich zahlreiche Reiser des dritten Astes zu dem Trommelfelle, dem Gehörgange und dem äußeren Ohre verfolgen. Die Schleimhaut der Nase empfängt zahlreiche Aeste von dem R. ophthalmicus und dem R. maxillaris superior, die der Stirnhöhlen von dem ersteren, die der Highmorshöhle, der Eustachischen Trompete und der Umgebung derselben von dem letzteren und die der Siebbeinzellen von beiden Aesten. Eben so recrutiren sich die Zunge, die Mandeln, der weiche Gaumen, das Zäpfchen und die oberste Parthie des Schlundes aus Bündeln des dritten und zum Theil des zweiten Astes. Dieser versorgt auch die Haut des harten Gaumens, indem ihn hierbei der erste Ast nur vorzugsweise vorn unterstützt und versieht die Zähne und das Zahnfleisch des Oberkiefers. Die Vertheilung gestaltet sich in der Art, daß der Nasenast des vorderen Zahnnerven den inneren und zum Theil oder gänzlich den äußeren Schneidezahn, das vordere Unterkiefergeflecht, den Eckzahn und den ersten Backzahn, der hintere Plexus supramaxillaris den zweiten Backzahn und die Oberkieferschlinge oder die hinteren oberen Zahnnerven die übrigen Backzähne versorgen. Die Zähne der Unterkinnlade werden durchgehends von dem dritten Aste des Trigeminus und zwar größtentheils dem R. mandibularis mit Nerven versehen. Dieser Ast steht auch dem Zahnfleische dieser Parthie vor. Nur empfängt zugleich der hinterste Theil derselben Fäden aus dem R. maxillaris und selbst von dem zweiten Aste des Trigeminus.

Alle wichtigeren Theile der Gesichtshaut erhalten von ihm ihre empfindenden Eigenschaften. Die Gegend der Augenbrauen, der Stirn, der Augenlider, der Nasenwurzel, der Nasenflügel und der unteren Parthie der Schläfe verdanken sie dem ersten, das untere Augenlid, die Haut der Wange, der Oberlippe, der Nase dem zweiten, endlich die der Schläfe, des Ohres, des Gehörganges, des Unterkieferwinkels, der Unterlippe, des Kinnes und des Mundwinkels dem dritten Aste des dreigetheilten Nerven. Eben so wird die Empfindlichkeit der Innenfläche der Oberlippe vom zweiten, die der Innenseite der Unterlippe vom dritten Aste desselben bedingt.

Außerdem verlaufen noch zahlreiche Fäden zu der Beinhaut der Augen-

höhle, der Knochennetze des Ober- und Unterkiefers, der Trommelhöhle, des Zitzenfortsatzes, der Ohrspeichel-, der Unterzungen- und der Unterkieferdrüse, so wie zu den Ductus Stenonianus, Whartonianus, Bartholinianus und Rivini.

Neben diesen sensiblen Wirkungskreisen erstreckt endlich noch der N. trigeminus seinen motorischen Einfluß auf die M. M. temporalis, masseter, pterygoideus externus und internus, mylohyoideus und digastricus, so wie vielleicht auf den Buccopharyngeus, Mylopharyngeus, Circumflexus palati, Tensor veli palatini und Tensor tympani.

Der Nervenstamm anastomosirt überdies mit dem Oculomotorius, Trochlearis, Abducens, Facialis, Glossopharyngeus, Vagus (R. anterior N. accessorii), Hypoglossus und den obersten, vorzüglich dem 2ten und 3ten Halsnerven, so daß sich auch seine Thätigkeit auf einzelne Punkte der Bahnen dieser Nerven erstrecken kann.

Da eine Specialisirung der Thätigkeitsbezirke des N. trigeminus für die genaue Beurtheilung der örtlichen Neuralgien und Lähmungen von Bedeutung ist, so folgt hier eine Uebersichtstabelle der wichtigsten Zweige dieses Nervenstammes. Die größeren Gebiete der drei Hauptäste desselben sind in §. 1425 summarisch angegeben.

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk des Nerven		
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
R. ophthalmicus.					Anastomose mit dem Plexus cavernosus u. dem N. trochlearis.
	R. nasociliaris.				Anastomose mit dem N. abducens und dem R. superior N. oculomotorii. Ast an den Obliquus superior. A. ophthalmica.
		Radix longa Ganglii ciliaris.	Regenbogenhaut und andere innere Theile des Auges. Cornea und vielleicht zum Theil die Conjunctiva.		Anastomose mit den R. R. ciliares longi und R. inferior N. oculomotorii.
		R. R. ciliares longi.	(Sklerotika und Sehnervenscheide?) Innere Theile des Auges.		
					Ast an den Rectus superior.
		R. ethmoidalis.	(Schleimhaut der Stirnhöhle oder der Siebbeinzellen.) Schleimhaut der Nasenscheidewand, der Seitentheile der inneren Nase		A. ethmoidalis.

Hauptast.	Zweige		Verbreitungsbezirk des Nerven		
	erster Ordnung.	zweiter Ordnung.	sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
			und zu der Muschel bis zur unteren, diese mit eingeschlossen. Aeußere Haut zwischen dem inneren Augenwinkel und der Nasenwurzel, des Nasenrückens, des Nasenflügels und des Ueberganges in die Nasenschleimhaut an der Peripherie des Nasenloches.		
		R. infratrochlearis.	(Bindehaut.) Thränenkarunkel. Thränensack. Schleimhaut der Stirnhöhle (und der Siebbeinzellen). Haut über dem Kreismuskel des Auges, am inneren Augenwinkel, dem untersten Theile der Stirn, der Gabella, der Haut über dem Thränensack, der oberen Parthie der Nase und Augenlider.		Anastomose mit dem R. ethmoidalis. A. ophthalmica. A. frontalis. A. palpebralis inferior.
	R. frontalis.				Anastomose mit dem R. infratrochlearis.
		R. supratrochlearis.	(Schleimhaut d. Stirnhöhle.) (Weichgebilde in der Umgebung der Trochlea.) (Bindehaut.) Haut an dem unteren Theile der Mittellinie der Stirn.		Desgl.
		R. supraorbitalis s. frontalis sensu strictiori.	Oberes Augenlid. Haut über dem Kreismuskel des Auges, an den Augenbrauen, der Stirn und dem vorderen Theile des Scheitels.		Verbindung mit dem R. supratrochlearis. A. supraorbitalis.
	R. lacrymalis.		(Regenbogenhaut.) Thränendrüse. Bindehaut, vorzüglich äußere Hälfte derselben. Haut am äußern Augenwinkel (über dem Schließmuskel des Auges) bis gegen die Schläfe hinüber.		A. lacrymalis. Verbindung mit dem Ganglion ciliare oder der langen Wurzel desselben oder dem R. frontalis, dem Subcutaneus malae oder dem Infraorbitalis.
R. maxillaris superior.					Anastomose mit dem cavernösen Geflecht.
	R. subcutaneus malae.		Haut an dem äußeren Theile der Stirn, der unteren der Schläfe u. der Wange über dem Jochbeine.		Verbindung mit dem R. lacrymalis.

Hauptast.	Zweige erster Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
	Plexus et Ganglion spheno-palatinum.				Antheil an dem Geflecht um den Sehnerven. (Untere mittlere Wurzel des Augenknotens.) Beinhaut der Orbita. Anastomose mit dem N. abducens. A. spheno-palatina.
		R. recurrens externus.	Schleimhaut des Keilbeinsinus.		Verbindung mit dem dritten Aste des Trigeminus.
		R. recurrens internus s. vidianus.	Schleimhaut der hinteren und oberen Siebbeinzellen, der hinteren und oberen, so wie der hintersten und untersten Parthie der Nasenscheidewand, der Eustachischen Trompete, der Umgebungen der Rachenmündung derselben u. des obersten Theiles des Schlundes nach den Choanen hin.		A. vidiana. (Anastomose mit dem Ganglion oticum.) Verbindung mit dem genu N. facialis durch den R. superficialis u. dem Plexus caroticus durch den R. profundus.
		R. R. nasales superiores anteriores.	Schleimhaut an dem unteren Theile der oberen Muschel, des Hintertheils des oberen Nasenganges und der Mitte der Nasenscheidewand, so wie der Siebbeinzellen.		
		R. R. nasales superiores posteriores.	Mittlere Muschel. Mitteltheil der Nasenscheidewand. Schleimhaut über der Eustachischen Trompete.		
		R. naso-palatinus Scarpae.	Mittlerer u. unterer Theil der Nasenscheidewand. Warzenartiges Organ hinter den oberen Schneidezähnen und benachbarte Gaumenhaut.		A. naso-palatina.
		R. R. palatini.	Untere Muschel. Schleimhaut des unteren u. mittleren Nasenganges. Mandel und Nachbarschaft derselben. Weicher Gaumen und Zäpfchen. Zahnfleisch des Oberkiefers und Haut des harten Gaumens.		A. spheno-palatina. (Fäden an dem Gaumenheber.)

Hauptast.	Zweige erster Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
	R. R. dentales superiores posteriores.		Schleimhaut der Highmorshöhle. Backzähne und deren Zahnfleisch.		A. maxillaris interna. (Fäden an den Obertheil des Buccinatorius und den Pterygoideus internus.) Knochensubstanz des Oberkiefers. A. alveolaris superior posterior.
	R. dentalis superior anterior minor.		Verbindet sich, wenn er vorhanden ist, mit dem folgenden Nervenzweige.		
	R. dentalis superior anterior major.		Schleimhaut des vordersten Theiles des Bodens der Nasenhöhle. Vorderste Parthie der harten Gaumenhaut. Beide obere Schneidezähne (u. Eckzahn) nebst dem dazu gehörenden Zahnfleisch. Innenhaut des Thränen-Nasenganges. (Schleimhaut einzelner Stellen der Nase und des Gaumens.) Aeußere Haut am Mundwinkelheber und dem Backenmuskel.		A. alveolaris superior anterior.
	R. infraorbitalis.		Haut zwischen dem Auge und der Oberlippe.		A. infra-orbitalis.
		R. R. palpebrales inferiores.	Augenlider, vorzüglich das untere. Haut der benachbarten Theile der Wange, der Stirn und der Nase.		Blutgefäße am inneren Augenwinkel.
		R. R. nasales superficiales.	Rücken- und Seitenfläche der Nase nebst der angrenzenden Wangenhaut (so wie der Oberlippe). Ränder des Nasenloches.		
		R. R. labiales.	Haut der Wange, des Nasenflügels (und der Innenfläche desselben?). Das Filtrum der Außen- u. Innenfläche der Oberlippe bis zum Zahnfleisch hin. Haut des Mundwinkels und der Wange bis zum Jochbeine und dem Unterkiefer.		
R. maxillaris inferior.	Ganglion oticum.		Verbindung mit dem R. temporalis superficialis.	Tensor veli palatini? Pterygoideus	A. A. maxillaris interna u. pharyngea adscendens.

Hauptast.	Zweige erster Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
				internus? Tensor tympani.	Anastomose mit dem Geflechte der chorda tympani, dem R. petrosus superficialis minor N. facialis und dem R. petrosus profundus minor. R. tympanici N. glossopharyngei.
	R. pterygoideus internus.			Tensor veli palatini. Tensor tympani. Pterygoideus internus. (Circumflexus palati.)	
	R. buccinatorius.		Haut über dem Buccinatorius? Innenfläche der Backenhaut?	Temporalis. Pterygoideus externus u. zum Theil internus.	A. maxillaris. Ductus Stenonianus.
	R. R. temporales profundi.			M. temporalis.	
	R. massetericus.		Haut über dem Masseter?	Masseter u. Temporalis.	Fasermasse des Unterkiefergelenkes.
	R. temporalis superficialis, s. auricularis anterior.		Haut über dem Kiefergelenk, der Parotis, des Ohres, der Schläfengegend und des äußeren Gehörganges. Trommelfell.		A. A. carotis, maxillaris interna, meningea media, temporalis, auditiva interna. Fasermasse des Kiefergelenkes. Ohrspeicheldrüse. Verbindung mit der chorda tympani.
	R. lingualis.		Mandel. Schleimhaut über dem Mylopharyngeus und an dem senkrechten Aste des Unterkiefers u. der hintersten horizontalen Par-	(Tensor veli palatini?) (Pterygoideus internus?)	(Verbindung mit der chorda tympani.) (Verbindung mit dem N. hy-

Hauptast.	Zweige erster Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
			thie desselben. Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle u. der ganzen Zunge.		poglossus.) A. sublingualis. Unterzungen- und Unterkieferdrüse. Ductus Whartonianus, Bartholinanus und Rivini.
R. mandibularis s. maxillaris inferior sensu strictiori.			Unterkieferzähne und Zahnfleisch derselben. Außen- und Innenfläche der Unterlippe. Haut des Kinnes.	Pterygoideus internus. Mylohyoideus. Digastricus, vorzüglich der vordere Bauch desselben. (Transversus menti??)	A. alveolaris inferior und mentalis.

Obgleich der dreigetheilte Nerv einen verhältnißmäßig nur kleinen motorischen Verbreitungsbezirk hat, so kehrt doch auch bei ihm das schon früher (S. 645) erläuterte Gesetz wieder, daß antagonistische Muskeln von demselben Hauptstamme versorgt werden. Denn er verbreitet sich nicht bloß in die Kaumuskeln, sondern auch in den vorderen Bauch des Digastricus, der zwar das Zungenbein emporheben, aber auch bei Feststellung des letzteren mit dem Mylohyoideus die Unterkinnlade senken kann (§. 830).

1381 Ist der ganze N. trigeminus bei einem Säugethiere durchschnitten oder bei dem Menschen gelähmt worden, so treten die vorzüglichsten Folgen dieses Krankheitszustandes in dem Auge, der Nase und zum Theil dem Ohre und der Zunge, so wie im Gesichte und den Kaumuskeln hervor. Die Pupille des Menschen oder des Kaninchens ist bedeutend verkleinert und bleibt trotz aller äußeren Einwirkungen unverändert. Die Bindehaut erscheint gänzlich unempfindlich. Jede noch so starke Berührung derselben verursacht weder Schmerz, noch vermehrten Thränenfluß noch krampfhafte Schließung der Augenlider. Bald darauf entwickeln sich auch eigenthümliche Entzündungserscheinungen, welche den Bulbus nach und nach theilweise oder gänzlich zerstören und von denen wir in der Folge bei der Betrachtung des Ernährungseinflusses der Nerven handeln werden. Die Schleimhaut der inneren Nase ist vollkommen insensibel, so daß z. B. jede Verletzung derselben keine Empfindung, jeder Kitzel kein Niesen verursacht. Unvollständigere Wirkungen geben sich an dem Ohre kund. Die Empfindlichkeit des äußeren Ohres und des äußeren Gehörganges ist nur zum Theil abgestumpft. Ob die Spannung des Paukenfelles minder pünktlich vor sich gehe, steht dahin. Die Tastfähigkeit der Zunge ist gänzlich vernichtet, so daß der Kranke die Speisen, welche er nimmt, nicht genau

fühlt und Fragmente derselben in der Mundhöhle, ohne daß er es merkt, zurückbleiben. Der gleiche Mangel an Sensibilität zeigt sich auch an den Zähnen, dem Zahnfleisch, der Innenfläche der Wangen, dem Boden der Mundhöhle, der Haut des harten und zum Theil der des weichen Gaumens, so wie in geringem Grade an der obersten Parthie des Schlundes. Legt man in die Mundhöhle reizende Stoffe, so läuft der Speichel nicht zusammen. Kranke glauben, daß ihnen der Bissen, weil sie ihn bei dem Kauen nicht fühlen, aus dem Munde gefallen sei.

Am Gesichte ist die Haut der Stirn, der Schläfe, der Augenbrauen, der Augenlider, der Nase, der Wange, der Ober- und Unterlippe und zum Theil des Kinnes ganz unempfindlich, die des Ohres hingegen, der hinteren Parthie der Schläfe und die, welche den Unterkiefer bedeckt, in ihrer Sensibilität abgestumpft. Trinkt der Kranke, so glaubt er, daß ein Stück des Glases ausgebrochen sei. Fressen die Thiere, so benehmen sie sich hierbei minder geschickt als gesunde und lassen viele Fragmente der Nahrungsmittel, die sie schon mit den Lippen oder den Zähnen gefaßt hatten, wiederum fallen.

Die Kaumuskeln versagen ihren Dienst an der kranken Seite und fühlen sich schlaff an, während die Kinnlade bisweilen, jedoch nicht immer, nach der gesunden Gesichtshälfte hingezogen ist. Das Aufziehen des Zungenbeines stößt wahrscheinlich bei festgestelltem Unterkiefer auf mehr Hindernisse als im gesunden Zustande.

Keines der Sinnesorgane ist in seinen ursprünglichen Energien gestört. Der Mensch oder das Thier riecht, hört und sieht selbst vollständig, wenn nicht der Bulbus in Folge der Verletzung zerstört worden. Eben so unterscheidet er, wie wir bei dem Zungenschlundkopfnerven ausführlicher sehen werden, das Bittere vom Süßen, empfindet aber nicht solche Geschmackszustände, welche mehr von Tastenergien bedingt werden (§. 1259). Verwundungen der Zunge, die bei der mangelnden Perception durch Kauen leicht entstehen, gehen ohne Wahrnehmung vorüber. An den Zähnen fehlt das Gefühl des Stumpfwerdens und des Widerstandes bei dem Beißen. Nicht selten blutet das aufgelockerte Zahnfleisch oder die rissig gewordene Zunge. Bei Kaninchen bilden sich bisweilen, jedoch nicht immer, Schorfe an der Nase oder der Oberlippe.

Die sämmtlichen Muskeln, durch welche Zweige der größeren Portion des N. trigeminus hindurchtreten, gehorchen vollkommen dem Willenseinflusse. Der Mensch kann die Stirn runzeln, das obere Augenlid emporheben, beide Augendeckel zusammen bewegen, die Nase emporziehen und rümpfen, den Mund gleichförmig öffnen und schließen, alle mimischen Bewegungen des Gesichtes regelrecht vornehmen, lachen, weinen u. dgl., ohne daß eine Entstellung zum Vorschein kommt. Es zeigt sich weder Schielen, noch eine schiefe Stellung der normal beweglichen Zunge oder des Mundes.

Ist nur der eine N. trigeminus gelähmt, so beschränken sich die eben angegebenen Zeichen einzig und allein auf die entsprechende Seitenhälfte des Kopfes. Kaninchen bedienen sich dann zum Tasten nur der Haare

der gesunden Seite. Sind dagegen beide N. N. trigemini desselben getrennt worden, so erhält sein ganzer Gang etwas Ungewöhnliches. Es scheut sich oft, vorwärts zu gehen, stemmt häufig, wenn es dieses thut, die Unterseite des Kopfes, gleich einem Stocke, gegen den Boden und reibt einen ihm widerstehenden Körper nicht selten Stunden lang mit der Schädelhaut, so daß sie blutrünstig und wund wird (Magendie)[1]. Dabei schließt es noch im Anfange, ehe die erwähnte Augenentzündung eingetreten, die Augenlider, wie ein gesundes Thier, wenn ein zu grelles Licht durch die Hornhaut einfällt.

Eine vollständige Lähmung des ganzen N. trigeminus des Menschen ohne Affection anderer Nervenstämme oder des Gehirnes gehört zu den größten Seltenheiten. Häufiger dagegen befallen solche Krankheitszustände einzelne Aeste desselben oder werden durch wuchernde Geschwulste oder chirurgische Operationen hervorgerufen. Bisweilen kommt auch der Arzt in Versuchung, einzelne Stämme der Art bei Gesichtsschmerzen zu durchschneiden, so daß er die Ausdehnung der Lähmungserscheinungen, welche er in Folge seines Eingriffes zu erwarten hat, genau kennen muß.

Jede Paralyse des R. frontalis bei seinem Austritte an dem oberen Augenhöhlenrande oder des R. supraorbitalis vermindert die Tastempfindlichkeit des oberen Augenlides und der Nachbarschaft desselben und hebt die der Stirn bis zu dem Scheitel gänzlich auf. Gehen mehrere Stämme durch die Incisura supraorbitalis, so tritt natürlich der genannte Erfolg erst nach der Trennung aller ein. Dieser Nerv bildet zugleich den Sitz der Neuralgia frontalis. Sein Hauptstamm veranlaßt auch allein oder in Verbindung mit dem R. ethmoidalis die Empfindungen in der Stirnhöhle, welche in vielen Krankheiten unter dem Scheine von wahren Kopfschmerzen auftreten. Viele Aerzte glauben wahrgenommen zu haben, daß nach Verletzung des Stirnastes des dreigetheilten Nerven Blindheit erfolge. Allein bis jetzt liegt hierfür weder ein physiologischer Grund vor, noch verlieren Kaninchen oder Hunde, denen man den Supraorbitalnerven durchschnitten hat, das Sehvermögen des entsprechenden Auges. Möglicher Weise waren noch bei Unglücksfällen, die den R. frontalis trafen, andere Nebenverletzungen vorhanden, welche die Lähmung der Retina bedingten.

Ist der ganze R. ophthalmicus unthätig, so verharrt die Pupille trotz allen Lichtreizes in ihrem einmal angenommenen verkleinerten Zustande. Mit der Zeit folgen Augenentzündung, Ausschwitzungen in die vordere Augenkammer, Verwachsung der Pupille, Trübung der Hornhaut, Geschwürsbildung in der Mitte derselben oder Durchbohrung der Cornea, Auslaufen des Auges und Reduction desselben zu einem unförmlichen Stumpfe. Die Bindehaut ist total oder wenigstens größtentheils unempfindlich, nicht selten injicirt und wird oft getrübt, so daß sich die Hornhaut mit einem grauen Schleier bedeckt. Die gleiche Insensibilität erstreckt sich auf die Thränenkarunkel und die Haut der Stirn, während die Empfindlichkeit der Schleimhaut der Nase, der äußeren Haut der Augenlider, vorzüglich des oberen und zum Theil der der Nase, so wie der Basis der Schläfe und der Wange nur vermindert, nicht aber aufgehoben ist. Die Gegend der Nasenflügel und der benachbarten Theile des Nasenrückens leidet auffallend an Mangel des Tastsinnes. Am besten sieht man dieses, wenn man die reagirenden und die stumpfen Theile der Gesichtshaut mittelst einer Nadel abzustechen sucht.

Die Paralyse des Subcutaneus malae kann vorzugsweise nur die Haut über dem Jochbeine und in der unmittelbaren Nachbarschaft der Stirn und der Wange unempfindlich machen. Jede Affection der R. R. dentales superiores im Ganzen muß nicht bloß die Oberkieferzähne mit ihrem Zahnfleische, sondern auch die Highmorshöhle, die Schleimhaut der Nase und des Gaumens, so wie den Thränennasenkanal nebst der Knochensubstanz des Oberkiefers treffen. Bei Lähmung dieser Nerven läßt sich auch eine geringe Abstumpfung des Gefühls der Haut über dem Mundwinkel und an dem benachbarten Theile der Wange erwarten.

Der R. infraorbitalis bildet die häufigste Veranlassung der Gesichtsschmerzen, welche

---

[1] a. a. O. S. 248. 49.

theils seinem peripherischen Verlaufe entsprechen, theils aber auch längs seiner Hauptäste dahinschießen. Seine Paralyse raubt der Haut des unteren Augenlides, der Wange und der Nase, so wie der des Randes des Nasenloches den größten Theil ihrer Empfindlichkeit und den beiden Flächen der Oberlippe ihre gesammte Sensibilität. Nicht selten werden beide Infraorbitalnerven von neuralgischen Schmerzen afficirt. Allein häufig erscheint dann das Leiden an beiden Gesichtshälften ungleich oder der Anfall der Krankheit des einen Unteraugenhöhlennerven tritt zu einer anderen Zeit, als der des zweiten ein.

Die Lähmung des zweiten Astes des dreigetheilten Nerven im Ganzen veranlaßt nicht bloß die eben geschilderten Paralysenerscheinungen des R. subcutaneus malae, der R. R. dentales und des R. infraorbitalis, sondern hebt auch die Empfindlichkeit der Haut des harten Gaumens auf und setzt die der Schleimhaut der inneren Nase, des weichen Gaumens, des obersten Theiles des Pharynx und der Umgebung der Eustachischen Trompete herab, ohne sie gänzlich zu zerstören. Das Zahnfleisch lockert sich auf und blutet leicht.

Nach der Verletzung des R. temporalis superficialis s. auricularis anterior verschwindet die Sensibilität der Haut über dem Kiefergelenke und dem oberen Theile der Parotis, des äußeren Ohres und Gehörganges, so wie des Trommelfelles, vorzüglich aber die der Schläfe in hohem Grade, jedoch an keiner dieser Stellen vollkommen. Nach der des R. lingualis hört die Empfindlichkeit der Zunge gänzlich, die der Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle und der Mandeln theilweise auf, während die Reflexthätigkeiten der Unterzungen- und Unterkieferdrüse an Pünktlichkeit verlieren. Der R. mandibularis endlich kann nicht nur heftige Schmerzen der Zähne und des Zahnfleisches, sondern auch der Knochensubstanz der Unterkinnlade veranlassen. Ist seine Fortsetzung, der R. mentalis. außer Thätigkeit gesetzt, so werden beide Oberflächen der entsprechenden Hälfte der Unterlippe vollständig und mehr oder minder die Haut des Kinnes sensoriell gelähmt. Dieser Nervenstamm bildet durch seine Hyperästhesie die Veranlassung der Neuralgia mentalis.

In dem ganzen dritten Aste des dreigetheilten Nerven summiren sich die eben geschilderten Sensibilitätserscheinungen der Zweige desselben und der motorischen Beziehungen zu dem Temporalis, Masseter, Pterygoideus externus und internus, Mylohyoideus und Digastricus. Die Einwirkungen auf den Mylopharyngeus, Buccopharyngeus, Circumflexus palati, Tensor veli palatini und den Tensor tympani sind noch nicht mit hinreichender Sicherheit ermittelt.

Die frühere Annahme, daß der dreigetheilte Nerv nicht bloß auf die sensiblen, sondern auch auf die sensuellen Thätigkeiten der Sinneswerkzeuge direct einwirke (Magendie), hat sich weder durch physiologische noch pathologische Thatsachen bestätigt. Diese Behauptung basirte sich vorzüglich in Betreff des Geruchs auf die Verwechselung der stechenden Perception des Ammoniaks mit wahrer Geruchsempfindung, während sie für das Auge und das Ohr überhaupt keine sicheren Thatsachen anzuführen hatte. Am meisten wirkt sie noch in den Ansichten vieler Schriftsteller über die Thätigkeit der wahren Geschmacksnerven nach, indem manche Forscher als solche den Glossopharyngeus und Trigeminus zugleich ansehen.

VI. Aeußerer Augenmuskelnerv (N. abducens). — Dieser 1382
Stamm ist höchst wahrscheinlich rein motorisch. Wenigstens erregt seine Durchschneidung oder Reizung bei lebenden Kaninchen keine Spur von Schmerzensäußerungen. Er verbreitet sich fast ausschließlich in den äußeren Augenmuskel, der in einzelnen Fällen noch einen Faden von dem Oculomotorius erhält, sendet aber außerdem bei den Säugethieren zahlreiche Fasern in den Retractor bulbi. Seine überwiegende Thätigkeit kann daher bei dem Menschen Schielen nach außen, seine Paralyse, wie wir z. B. bei halbseitig Gelähmten häufig sehen, ein solches nach innen veranlassen. Daß diejenigen Fasern, welche in den R. naso-ciliaris oder den R. ophthalmicus N. trigemini eintreten, zur Iris und dem Ciliarsysteme gelangen, ist nicht ganz unwahrscheinlich. In sehr seltenen Fällen bildet er geradezu einen Wurzeltheil des Augenknotens. Inwiefern sich

übrigens hierbei erst vorher eingetretene Fasern des sympathischen Nerven betheiligen, wird sich aus der Betrachtung des letzteren ergeben.

1383 VII. Antlitznerv (N. facialis). — Durchschneidet man ihn bei Meerschweinchen oder Kaninchen in der geöffneten Schädelhöhle, so entsteht nicht die geringste Schmerzensäußerung, während die Thiere, sobald man nur ihren dreigetheilten oder herumschweifenden Nerv berührt, lebhaft aufschreien. Diese Thatsache beweist, daß der N. facialis keine sensiblen Fasern führt, sondern, wie die übrigen Folgen seiner Verletzung lehren, rein motorisch ist. Sein Ursprung aus einem größeren Haupttheile und der sogenannten Portio intermedia Wrisbergii veranlaßte mehrere Forscher, in ihm sensible und motorische Fasern, nach Analogie des dreigetheilten oder eines Rückenmarksnerven, anzunehmen. Allein man kann sich bei frisch getödteten Säugethieren leicht überzeugen, daß beide Anfangspartheien des Antlitznerven Zuckungen der Gesichtsmuskeln veranlassen.

1384 Entbehrt aber auch der N. facialis an seinem Ursprunge aller Empfindlichkeit, so ist dieses da, wo er am Gesichte frei hervortritt, unmittelbar nach seinem Durchgange durch das Foramen stylomastoideum nicht der Fall. Wie man sich leicht bei Säugethieren überzeugen und auch in einzelnen Operationsfällen bei dem Menschen bestätigen kann, veranlaßt seine Durchschneidung an dieser Stelle nicht unbedeutende Schmerzen. Der Grund der Erscheinung liegt in den Anastomosen des Antlitznerven während seines Verlaufes durch den Fallopischen Kanal bis zu seinem Austritte unter und vor dem Ohre. Er nimmt nämlich hierbei durch die R. R. petrosi superficiales major und minor und vielleicht selbst durch die chorda tympani sensible Fäden von dem dreigetheilten und durch die Verbindung mit dem R. auricularis N. vagi solche von dem herumschweifenden Nerven auf. Wie es scheint, gehen die letzteren bald wieder von seinem Stamme ab. Denn er zeigt bei Kaninchen, denen man vorher den ganzen N. trigeminus durchschnitten, wenig oder gar keine Sensibilität mehr.

1385 Die Vermischung mit sensiblen Fasern wiederholt sich in noch höherem Maaße bei der Verbreitung der Antlitznerven am Kopfe und Halse. Die größeren und kleineren Zweige desselben anastomosiren nämlich auf das Innigste mit den sensiblen Fasern des dreigetheilten Nerven und der übrigen empfindenden Stämme des Gesichtes, des Hinterhauptes und des Halses, denen sie in ihrem Verlaufe begegnen. Es entsteht auf diese Art eine Verbindung verschiedenartiger Fasern, welche weder das Messer, noch das Mikroskop entwirren kann. Allein physiologische Versuche lehren, daß nach Durchschneidung des Trigeminus nur die Empfindlichkeit der Gesichtshaut, nicht aber der Willenseinfluß auf die Antlitzmuskeln, nach der des Facialis dieser und nicht jene verschwindet. Der erstere bildet daher den sensiblen, der letztere den motorischen und mimischen Nerven des Angesichtes.

1386 So leicht sich diese Thatsachen durch Versuche an Thieren und Krankenbeobachtungen am Menschen erhärten lassen, so schwer wird ein sicheres

Urtheil über diejenigen Aeste des Facialis, welche von ihm in seinem Verlaufe bis zum Foramen stylomastoideum abgehen, zu fällen. Die verborgene Lage und die Anastomosenverbindungen derselben erschweren jede sichere Bestimmung in hohem Maaße. Sein oberer und unterer Verbindungszweig mit dem Hörnerven hat wahrscheinlich die Bestimmung, beide Nerven möglichst zu reinigen und Fasern des Acusticus, die mit dem Facialis austraten, jenem wiederzugeben, und umgekehrt. Ob bei dieser Gelegenheit einige motorische Fäden zu dem weichen Labyrinthe gelangen, bleibt unentschieden. Eben so läßt sich nicht bestimmt beurtheilen, ob das Zweigchen für das eirunde Loch die Contractilität der Membran oder der Blutgefäße derselben oder beider Theile zugleich beherrscht. Dagegen bildet wohl unzweifelhaft der R. stapedius den motorischen Nerven des Steigbügelmuskels.

Die mikroskopische Untersuchung der Abgangsstelle des R. R. petrosi 1387
superficiales major und minor aus dem Knieknoten des Antlitznerven lehrt, daß hier nicht bloß Fasern des N. trigeminus eintreten, sondern auch solche des Facialis hervorkommen und nach dem Ganglion sphenopalatinum und dem Ganglion oticum hin verlaufen. Die Bestimmung dieser bewegenden Fasern ist sehr schwer zu ermitteln. Zunächst nämlich ließe sich vorstellen, daß der weiche Gaumen hierdurch zum Theil von dem Antlitznerven abhängig würde. Allein unter fünf Versuchen, die ich in dieser Beziehung an dem Pferde, dem Hunde, der Katze und dem Kaninchen unmittelbar nach dem Tode anstellte, fielen vier negativ aus. Bei einem Hunde nur erzitterte der weiche Gaumen nach Reizung des R. petrosus superficialis major — ein Erfolg, der auch zufällig durch Bewegungen der tieferen Muskeln der Zunge veranlaßt werden konnte [1]). Zu dem gleichen Resultate kamen auch andere neuere Forscher, wie Volkmann [2]), Debrou [3]), Longet [4]) und Hein [5]). Bedenkt man aber, daß diese motorischen Fasern jedenfalls sparsam sind und vor ihrer Endverbreitung durch Ganglien durchtreten, so dürften solche negativen Beobachtungen viel von ihrer Bestimmtheit verlieren. Ist der Antlitznerv des Menschen in der Schädelhöhle gelähmt, so stellt sich bisweilen der weiche Gaumen schief — ein Merkmal, das bei Paralyse des Gänsefußes desselben in der Regel mangelt. Ob diese Erscheinung nicht bloß durch einen directen Einfluß des Facialis auf den weichen Gaumen, sondern auch durch seine Einwirkung auf den Digastricus und Stylohyoideus bedingt sein könne, bleibt dahin gestellt. Volkmann sah auch Bewegungen desselben, welche durch die Zuckungen der genannten Muskeln veranlaßt waren.

Die genauere Verfolgung der Paukenseite lehrt, daß der größte Theil 1388
ihrer Primitivfasern von dem Facialis kommt und daher motorisch ist.

---

1) De functionibus nervorum p. 33.
2) Müller's Archiv. 1840. S. 487.
3) Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux. Tome II. 1842. 8. p. 451.
4) Ebendaselbst p. 450. 51.
5) Müller's Archiv. 1844. p. 316 fgg.

Sie stellt mithin einen gemischten Nerven dar, der seine empfindenden Fasern von dem dreigetheilten, seine bewegenden vom Antlitznerven empfängt. Abstrahiren wir von den feinen Reisern, welche zu dem sogenannten äußeren Hammermuskel (§. 1199) gehen und in das Paukengeflecht treten, so läßt die fernere Endverbreitung schließen, daß die Chorda tympani die vorzüglichste motorische Wurzel des Ganglion linguale bildet und die Bewegungen der Unterzungen- und Unterkieferdrüse, so wie der Drüsen der benachbarten Mundschleimhaut leitet. Nach den Versuchen einzelner Forscher (Panizza, Guarini) [1]) soll sie jedoch auch Zuckungen des M. lingualis veranlassen, so daß mithin nicht der Hypoglossus der ausschließliche bewegende Muskel der Zunge wäre.

Die motorischen Fasern des Facialis, welche in den R. auricularis N. vagi eintreten, können einerseits in den tiefen Ohrennerven des ersteren zurückkehren, anderseits dagegen zu dem äußeren Gehörgange verlaufen.

1389 Die übrige Verbreitung des Antlitznerven erstreckt sich auf sämmtliche Muskeln des Gesichtes, des Ohres, die obere Parthie des Halshautmuskels, den zweibäuchigen Muskel, vorzüglich die hintere Abtheilung desselben, den Griffelzungenbeinmuskel, die drei Speicheldrüsen des Mundes und der Ausführungsgänge derselben, so wie die Blutgefäße des Gesichtes und der Schläfe. Er anastomosirt außerdem mit den N. N. trigeminus, glossopharyngeus, vagus, accessorius und wahrscheinlich dem N. hypoglossus, so wie dem dritten und vierten Hals- und dem sympathischen Nerven.

Specialisiren wir seine Verbreitung bei dem Menschen, so erhalten wir folgende Uebersicht:

Ast des Antlitznerven.	Verbreitung in	
	Muskeln.	andere Organe.
R. R. communicantes cum N. acustico superior u. inferior.		Inneres Gehörorgan?
R. petrosus superficialis major.	Muskeln des weichen Gaumens?	A. vidiana.
R. petrosus superficialis minor.	(Tensor veli palatini, Tensor tympani??)	(Vorhof.)
R. petrosus superficialis tertius.		A. meningea media.
R. ad foramen ovale.		Membran des eirunden Loches.
R. stapedius.	M. stapedius.	
Chorda tympani.	(Tensor tympani?) Laxator tympani? M. lingualis?	Unterkiefer u. Unterzungendrüse nebst benachbarter Schleimhaut.

[1]) Sacchero in der italienischen Uebersetzung von De functionibus nervorum. Parte I. Torini, 1843. 8. p. 127. 28. Vergl. Repertorium Bd. VIII. S. 320.

Ast des Antlitznerven.	Verbreitung in	
	Muskeln.	andere Organe.
R. communicans cum R. auriculari Vagi.	Verbindung mit dem R. auricularis profundus.	Aeußerer Gehörgang?
R. auricularis profundus.	M. occipitalis. Retrahens auris. (Einzelne kleinere Ohrmuskeln in Gemeinschaft mit dem R. zygomaticus I.)	Ohrspeicheldrüse. Hinterhaupt u. Scheitelbein und deren Weichtheile. Aeußerer Gehörgang.
R. stylohyoideus.	M. stylohyoideus. M. platysmammyoides.	
R. digastricus.	Vorzüglich hinterer Bauch des Digastricus.	Carotis. V. jugularis interna.
R. R. parotidei posteriores.	(Occipitalis und Retrahens auris?)	Ohrspeicheldrüse.
R. zygomaticus I.	Adtrahens und Adtollens auris. (Major und minor helicis. Tragicus. Antitragicus. Dilatator conchae. Transversus auris.)	Sehnentheile und andere Weichgebilde der Schläfengegend.
R. zygomaticus II.	Frontalis. Corrugator supercilii. Orbicularis palpebrarum.	Desgl. u. Ohrspeicheldrüse.
R. zygomaticus III.	Frontalis. Orbicularis palpebrarum.	Ohrspeicheldrüse.
R. zygomaticus IV.	Orbicularis palpebrarum. Zygomaticus major et minor.	Desgl.
R. zygomaticus V.	Zygomaticus major et minor. Orbicularis palpebrarum.	A. auricularis inferior. Ohrspeicheldrüse.
R. palpebro-nasalis superior.	Zygomaticus major et minor. Orbicularis palpebrarum. Levator labii superioris alaeque nasi. Compressor narium. Frontalis.	Ohrspeicheldrüse. Ductus Stenonianus. V. facialis media.
R. palpebro-nasalis inferior.	Zygomaticus major et minor. Orbicularis palpebrarum. Levator labii superioris alaeque nasi. Levator anguli oris. Levator labii superioris proprius. Compressor nasi. Dilatator narium anterior und posterior. Depressor alae nasi. Orbicularis oris.	A. temporalis, transversa faciei. Ductus Stenonianus. V. facialis. V. palpebralis inferior.
R. bucco-labialis superior.	Buccinatorius. Zygomaticus major et minor. Depressor anguli oris. Orbicularis oris.	A. temporalis. Ohrspeicheldrüse. A. facialis.
R. bucco-labialis inferior.	Risorius Santorini. Masseter. Zygomatici. Depressor und Levator anguli oris. Orbicularis oris.	A. temporalis. A. u. V. facialis.
R. marginalis s. labio-mentalis.	Risorius Santorini. Platysmamyoides. Depressor anguli oris. Orbicularis oris. Quadratus menti. (Buccinator.)	A. temporalis. Ohrspeicheldrüse. Haut des Halses? A. coronaria labii inferior.
R. subcutanei colli posteriores et superiores.	Platysmamyoides. (Depressor anguli oris. Quadratus menti. Orbicularis oris) (Digastricus maxillae inferioris.)	A. temporalis, maxillaris externa. Ohrspeicheldrüse. Haut bis zum Kehlkopf?

Es versteht sich von selbst, daß die einzelnen Anastomosen- und Schlingenfäden bei dieser Uebersicht, welche nur die unmittelbar zu verfolgenden Zweige umfaßt, außer Acht gelassen werden mußten. Wir sehen aber hieraus, daß der Antlitznerv nicht bloß alle Muskeln, welche für den Gesichtsausdruck von Wichtigkeit sind, versorgt, sondern auch zugleich das Spiel der Außentheile der drei höheren Sinnesorgane, nämlich der Augenlider, der äußeren beweglichen Nase und des äußeren Ohres leitet. Ueberdies dehnt sich noch seine Wirksamkeit, wie sich mit Bestimmtheit annehmen läßt, auf den Stapedius und ein-

zelne Beweger des Unterkiefers und des Zungenbeines, wie den Digastricus und den Stylohyoideus nebst dem Halshautmuskel aus. Der vordere Bauch des Digastricus, der auch wahrscheinlich gesondert wirken kann (§. 830), empfängt seine bewegenden Fasern vorzugsweise von dem Trigeminus, der hintere dagegen von dem Facialis.

Außerdem aber steht noch der Antlitznerv der Contractilität der Gänge der Mundspeicheldrüsen vor. Inwiefern die Zweige desselben, welche in die Haut und zu den Blutgefäßstämmen gehen, ähnliche Dienste vermitteln, läßt sich nicht durch directe Versuche erhärten.

1390 Ein Mensch, dessen einer Antlitznerv gelähmt ist, vermag nicht mehr die Augenbraue oder die Stirn an der entsprechenden Seite zu runzeln und hier die Kopfhaut hin- und herzuschieben. Alle diese krankhaften Erscheinungen werden aber durch die Mittellinie der Stirn begrenzt. Konnte er früher das Ohr in irgend einer Richtung bewegen, so fehlt ihm gegenwärtig diese Fähigkeit. Er ist im Stande, das obere Augenlid herabzusenken und emporzuheben, nicht aber die Augendeckel zu schließen. Versucht er dieses, so geht nur der obere herab, der untere dagegen nicht hinauf. Zu gleicher Zeit rollt der Augapfel instinctmäßig nach oben. Es bleibt mithin hier, wie im Schlafe der untere Theil des Bulbus unbedeckt. Die Sehkraft des Auges, die Bewegungen desselben und die Verhältnisse der Pupille erleiden keine Veränderung. Dagegen ist bisweilen der Abfluß der Thränen wegen der Unthätigkeit des Orbicularis palpebrarum und des Hornerschen Muskels gestört. Das Auge schwimmt in Thränen, oder diese rollen sogar von Zeit zu Zeit zu den Wangen hinab. Die Conjunctiva bietet in der Regel keine Blutüberfüllung dar. Sie kommt aber nicht selten secundär zu Stande, weil die unvollkommene Thätigkeit der Augendeckel den schädlichen Staub der Atmosphäre nicht vollkommen abhält. Dieser Uebelstand kann dann eine wahre Entzündung und in Folge derselben eine Trübung der Hornhaut veranlassen.

Eben so wenig vermag das Individuum die entsprechende Seitenhälfte der Nase zu rümpfen oder emporzuziehen. Der Nasenflügel bleibt bei noch so tiefem Einathmen ruhig. Hält man ihm das gesunde Nasenloch und den Mund zu, so wird die Inspiration nicht selten beschwerlich, und Leute der Art können daher manches Mal, wenn sie nicht auf der gesunden Seite liegen, ruhig schlafen.

Die Lähmung der einen Hälfte des Orbicularis oris, so wie des Levator labii superioris alaeque nasi, des Levator labii superioris proprius, des Levator anguli oris, der Zygomatici, des Depressor anguli oris und des Quadratus menti giebt den gleichen Muskeln der anderen Seitenhälfte des Gesichtes freien Spielraum. Der Mund, dessen Ober- und Unterlippenhälfte schlaff herabhängen, wird daher nach der gesunden Seite hin verzogen und das Gesicht auf diese Weise verzerrt, wie es Fig. 216 darstellt, so daß Kranke der Art dem Arzte schon auf der Straße kenntlich werden. Muß man bei einer Exstirpation des Parotis oder einer Operation in der Nähe derselben den Antlitznerven kurz nach seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchschneiden, so springt nicht selten der Mund nach der gesunden Seite plötzlich hinüber und erhält sich in seiner Verzerrung bis zur Wiedererzeugung des Nerven. Das


Fig. 216.

Gleiche sehen wir bei vielen Anfällen von Apoplexie, während Geschwülste unter dem Ohre diese Veränderung auf allmäligere Weise bewirken.

Der verzerrte Mund kann nicht an der kranken Seite vollständig geschlossen werden, indem immer die schlaffen Lippen eine Spalte offen lassen. Es wird daher dem Kranken bei der gleichzeitigen Laxität der Wange unmöglich zu saugen oder die Backe aufzublasen. In dem letzteren Falle schlottert die Wange, wie ein schlaffes Segel, während die Luft zur halben Mundspalte herausgeht. Bei dem Trinken läuft zum Theil leicht die Flüssigkeit zu dem kranken Mundwinkel aus. Thiere drücken die Kiefer bei dem Fressen an den Boden des Futterbehälters, um die gelähmten Lippen theilweise zu ersetzen.

Das ganze Gesicht der Person hat an der gelähmten Seite einen todten Ausdruck. Sie nimmt auch nicht an den mimischen Veränderungen der gesunden Parthie Theil. Der Mensch lacht und weint daher nur mit der einen Hälfte seines Antlitzes und hat zwei sehr verschiedene Seitenprofile seines Kopfes. Ueberdies ist er außer Stande, die Haut neben und unter dem Unterkiefer gehörig anzuspannen.

Weder das Kauen, noch die Sensibilität irgend eines Theiles des Kopfes ist bei reiner Facialähmung an seinem Ursprunge, gestört. Eben so wenig hat dann der Kranke irgend einen Schmerz. Erfolgte dagegen die Paralyse durch Affection des Antlitznerven bei seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum, so ist eine gewisse sensible Reaction des hier gemischten Nerven nicht selten merklich.

Bei vielen Patienten der Art steht der weiche Gaumen normal, bei anderen dagegen schief. Bisweilen scheint auch eine Verminderung der Speichelabsonderung im Munde Statt zu finden[1]). Dabei sind dann die Unterzungen- und die Unterkieferdrüse und selbst die Parotis angeschwollen und geben bei dem Drucke Flüssigkeit von sich. Die Empfindung der Zunge, so wie das Geschmacksvermögen bieten keine Störung dar.

Die idiopathischen Convulsionen der Gesichtsmuskeln einer Seite[2]) entstehen natürlich ebenfalls durch den Facialis. Der Kranke zeigt keine Verzerrung seines Antlitzes, sondern leidet nur an einem von Zeit zu Zeit wiederkehrenden Zittern aller oder einzelner Muskeln der einen Hälfte des Gesichtes, während die der anderen ruhen. Seine Physiognomie verändert sich so, als wenn er nur auf der rechten oder linken Seite lachen wollte. Hypochondristen, Hysterische, Onanisten u. dgl. leiden nicht selten an rein örtli-

---

1) Fr. Arnold Bemerkungen über den Bau des Hirns und des Rückenmarks. Zürich, 1838. 8. S 211.

2) Siehe V. Francois Essai sur les convulsions idiopathiques de la face. Bruxelles, 1843. 8. p. 5 fgg.

chen Zuckungen einzelner Gesichtsmuskeln oder selbst nur isolirter Bündel derselben, wie z. B. des Orbicularis oculi, des Levator labii superioris alaeque nasi, des Levator anguli oris, des Risorius Santorini. Die §. 1389 mitgetheilte Tabelle giebt über die Zweige, welche bei allen solchen örtlichen Verhältnissen afficirt sind, näheren Aufschluß. Ist der Facialis unmittelbar bei seinem Durchgange durch das Foramen stylomastoideum angegriffen, so erstrecken sich auch die krankhaften Symptome auf den Platysmamyoideus den Stylohyoideus und den hinteren Bauch des Digastricus. Diese Muskeln bleiben aber gesund, wenn sich die Krankheit nur auf die Zweige des Gänsefußes beschränkt.

Eine gleichzeitige Lähmung der beiden Antlitznerven kommt selten vor. Es wiederholen sich dann die eben geschilderten Paralysenerscheinungen an beiden Seiten des Gesichtes; nur fehlt natürlich die Verzerrung des Mundes und der übrigen Theile des Antlitzes. Häufig dagegen sind vorzüglich einzelne Parthieen der zwei Faciales bei Krämpfen, wie z. B. dem sardonischen Lachen zugleich afficirt.

Erinnern wir uns der Thatsache, daß nur der N. trigeminus die Sensibilität, der N. facialis dagegen die Motilität des Antlitzes beherrscht, so ergiebt sich von selbst, wie unzweckmäßig es war, wenn frühere Chirurgen bei heftigen Gesichtsneuralgien den Antlitznerven an seinem Austritte aus dem Griffelloche durchschnitten. Der Kranke verliert durch eine solche Operation, welche gegenwärtig nicht mehr gerechtfertigt werden kann, seine Schmerzen nicht und erhält noch eine Lähmung der Muskeln des Gesichtes als Folge des unzweckmäßigen Eingriffes. Nur dann wäre eine Milderung des Leidens denkbar, wenn dieses bloß durch Reflexion der motorischen Gesichtsnerven auf die sensiblen zu Stande käme.

1391 VIII. **Hörnerv** (N. acusticus). — Jede mechanische Affection, welche diesen Nerven trifft, ruft bei Meerschweinchen oder Kaninchen keine Spur von Schmerzensäußerung hervor. Eben so wenig erzittern die Muskeln des äußeren Ohres. Ob aber der Tensor tympani und der Stapedius in ähnlicher Weise, wie sich die Iris nach Verletzung des Sehnerven zusammenzieht, in Thätigkeit gerathen, ist unbekannt.

Der rein sensuelle Hörnerv verbreitet sich mit seinem vorderen Aste in die Schnecke und das runde Säckchen des Vorhofes, verläuft dagegen mit seinem hinteren Hauptzweige zu dem elliptischen Säckchen, den übrigen Theilen des Vestibulum und den Ampullen der halbcirkelförmigen Kanäle.

1392 IX. **Zungenschlundkopfnerv** (N. glossopharyngeus). — Die verschiedenen Schriftsteller haben diesem Nerven alle möglichen, d. h. sensible, motorische und sensuelle Eigenschaften zugeschrieben und sind überhaupt bei Versuchen über diesen Gegenstand zu sehr verschiedenen Resultaten gelangt. Der vorzüglichste Grund der Widersprüche liegt in der leichten Verwechselung seiner Ursprungsfäden mit denen des herumschweifenden Nerven, der Nachbarschaft des so empfindlichen Seitentheiles des verlängerten Markes, den bald eingeleiteten Anastomosen des Glossopharyngeus mit sensiblen Zweigen des Vagus und dem hohen Abgange von Aesten an Theile, denen man früherhin kein Geschmacksvermögen zutraute.

1393 Legt man den Stamm des Glossopharyngeus unmittelbar nach seinem Durchgange durch die Basis des Schädels bei Hunden bloß, so ruft mechanische Reizung desselben entweder gar keine oder nur unbedeutende Schmerzensäußerungen hervor, während die Thiere jede Zerrung des benachbarten Vagusstammes durch allgemeine Körperbewegungen oder selbst Heulen auf der Stelle beantworten. Drückte man die Wurzel des Zungen-

schlundkopfnerven bei geöffnetem Schädel von Katzen oder Kaninchen mit der Pincette zusammen, so gab sich keine deutliche sensible Reaction zu erkennen. Wir können hieraus mit sehr vieler Wahrscheinlichkeit schließen, daß der Zungenschlundkopfnerv keine empfindenden Fasern ursprünglich führt und die geringe Sensibilität, welche er unterhalb des Ganglion petrosum besitzt, von den hier schon eingegangenen Verbindungen mit dem R. auricularis und einem anderen Faden des Vagus herrührt.

Eben so lehren sowohl Versuche an lebenden, vorzüglich an eben ge- 1394
tödteten Säugethieren, daß der größte Theil des Stammes des Glossopharyngeus keine motorischen Elemente führt. Dieses soll jedoch nicht mit allen Wurzelbündeln der Nerven der Fall sein. Volkmann[1]) sah bei dem Kalbe und der Katze nach Reizung der kleineren Wurzel dieses Nerven innerhalb der Schädelhöhle Zuckungen in dem Constrictor faucium medius und dem Stylopharyngeus. Diese Muskeln würden dann nach ihm von keinem weiteren Nerven mit bewegenden Fasern versorgt werden. Ich muß jedoch bemerken, daß es mir bei mehr als 20 Versuchen, die ich noch in neuerer Zeit an Kaninchen und Katzen anstellte, nicht gelingen wollte, irgendwie Bewegungen durch Reizung der Wurzelgebilde der Zungenschlundkopfnerven nach Exentration des verlängerten Markes zu beobachten. Debrou sah einmal nach Galvanisation des Schädeltheiles des Glossopharyngeus eines Hundes Bewegungen im Schlunde und im weichen Gaumen, konnte sie aber sonst nur durch gemeinsame Affection des Zungenschlundkopf-, des herumschweifenden und des Beinerven hervorrufen, so daß diese Erfahrung keine sicheren Belege darbietet. Reid und Longet[2]) vermochten keine Zuckungen zu erhalten.

Die wichtigste Frage aber betrifft die sensuellen Eigenschaften dieses 1395
Nervenstammes. Sie wurden zuerst von Panizza[3]) am klarsten experimentell erläutert und dahin formulirt, daß der R. lingualis N. trigemini der sensible, der N. hypoglossus der motorische Nerv der Zunge sei, der N. glossopharyngeus dagegen die Geschmacksthätigkeit vermittele. Die nachfolgenden Beobachtungen von mir und Rapp bestätigten diesen Lehrsatz, während Joh. Müller, Gurlt und Kornfeld, so wie Alkok, Reid, Longet zu minder entscheidenden Resultaten gelangten und die Geschmacksempfindung der gemeinschaftlichen Thätigkeit des Glossopharyngeus und des Trigeminus zuschreiben zu müssen glauben[4]).

Trennt man bei einem Hunde die beiden R. R. linguales N. N. trigeminorum, so verliert die Zunge ihre Sensibilität gänzlich, kann aber noch in jeder Richtung nach dem Willen des Thieres bewegt werden. Sticht man sie oder schneidet sie an oder brennt sie, so reagirt das Thier nicht im mindesten darauf. Hat man dieselbe Operation bei Kaninchen vorge-

---

[1]) Müller's Archiv. 1840. S. 489. 90. Vgl. Hein ebendaselbst 1844. S. 316 fgg.

[2]) Longet a. a. O. Tome II. p. 222.

[3]) B. Panizza Versuche über die Verrichtungen der Nerven, übersetzt von Schneemann u. bevorwortet von Eisenmann. Erlangen, 1836. 8. S. 27 fgg.

[4]) De functionibus nervorum p. 40. Longet a. a. O. p. 40.

nommen, so kann man die Zunge zwischen den Zähnen einklemmen, so daß sie bei dem Kauen Verletzungen erleiden muß. Sie wird aber trotz ihrer ungehinderten Beweglichkeit nicht zurückgezogen, weil keine Schmerzensempfindungen mehr entstehen. Der gänzliche Mangel an Gefühl hat auch zur Folge, daß sich das Thier nicht selten bei dem Essen ohne Weiteres in seine Zunge beißt und Reste der Speisen auf ihr und in der Mundhöhle überhaupt liegen bleiben. Giebt man ihm sehr bittere Substanzen, wie Coloquinten oder Chinin, so äußert es den heftigsten Widerwillen durch Schütteln des Kopfes oder sogar durch Vomituritionen.

Sind beide N. N. hypoglossi bei dem Hunde oder dem Kaninchen durchschnitten worden, so ist die Zunge unbeweglich und fällt von selbst bei Neigung des Kopfes aus dem Munde vor, ohne daß das Thier im Stande wäre, sie durch den Einfluß seines Willens zurückzuziehen. Der Hund verletzt sie jedes Mal bei dem Kauen und heult deshalb, weil er den Schmerz empfindet, ihn aber bei der Lähmung der Zungenmuskeln zu vermeiden außer Stande ist. Jeder Einstich in die Zunge wird sogleich wahrgenommen. Die Geschmacksreactionen treten wie bei gesunden Thieren hervor, und nur die Motilität allein ist in Folge der Zerstörung des Zungenfleischnerven aufgehoben.

Diese Resultate werden von allen neueren Forschern ohne Unterschied angenommen, während die wesentlichen Widersprüche den N. glossopharyngeus betreffen. Ist es nämlich gelungen, beide Zungenschlundkopfnerven des Hundes unmittelbar nach ihrem Austritte aus dem Schädel zu trennen, so bietet die Zunge ihre vollständige Sensibilität und Motilität dar. Das Thier äußert aber gegen Coloquinten und Chinin keinen Widerwillen mehr. Dieser zeigt sich dagegen, so wie man auch nur den einen Glossopharyngeus etwas tiefer durchschnitten hat, so daß z. B. sein oberster Schlundzweig unverletzt geblieben. Erinnern wir uns, daß nicht bloß die Zunge, sondern auch die Tonsillen und ein großer Theil des Pharynx Geschmacksempfindungen haben (§. 1260), so kann uns dieses Resultat nicht ferner befremden. Hierin liegt wahrscheinlich die Hauptursache der Widersprüche, welche unter den Forschern Statt finden. Denn die hohe Durchschneidung der beiden Glossopharyngei gehört zu den schwierigsten Operationen und ist ohne die bald zu beschreibenden Cautelen nicht ausführbar, während eine tiefere Trennung derselben leicht möglich wird. Während ich in dem ersteren Falle sehr sprechende Ergebnisse erhielt, zeigten Hunde, denen nur zufällig der eine Zungenschlundkopfnerv etwas tiefer verletzt worden war, bei dem Hinabschlucken, nicht aber bei bloßer Application auf der Zunge deutlichen Abscheu vor einer concentrirten Coloquintenabkochung. Daß die Anwendung von sauren oder gesalzenen Substanzen keine Entscheidung in dieser Frage liefern könne, erhellt aus dem in §. 1259 Angeführten von selbst.

Personen, bei denen der N. trigeminus an einer Seite gelähmt und deren entsprechende Zungenhälfte daher unempfindlich ist, haben sehr bestimmt einen intensiv bittern Geschmack, so wie man ihnen einige Körnchen eines Chininsalzes auf die afficirte Zungenstelle, vorzüglich die Gegend

der Papillae vallatae der kranken Seite legt. Ein vollkommen reiner Fall von Paralyse des Glossopharyngeus bei dem Menschen ist mir bis jetzt noch nicht bekannt geworden.

Um jene hohe Durchschneidung des Glossopharyngeus vorzunehmen, dient bei Hunden folgende Methode. Ist der Unterkiefer befestigt und der Mund geschlossen, so macht man einen Hautschnitt, der sich von dem unteren Ende des Kehlkopfes bis ½ Zoll vom Kinn erstreckt, und einen zweiten von dieser Stelle bis zu dem Unterkieferwinkel, präparirt den Platysmamyoides frei, durchschneidet ihn an der Innenseite des Depressor maxillae inferioris, schlägt die darunter liegenden Lymphdrüsen bei Seite und läßt dann die Ränder der Wunde von zwei Gehülfen anziehen. Nun geht man mit dem stumpfen Hefte eines Präparirmessers zwischen dem genannten Muskel und dem Zungenbeine in die Tiefe, trennt nur das Zellgewebe, nicht aber den Hypoglossus und die A. lingualis, auf welche man zunächst stößt, und dringt so hoch nach oben als möglich vor. Man darf sich bei diesem Theile der Operation weder des Messers noch der Scheere bedienen, weil sonst leicht heftige Blutungen zu Stande kommen, während sie bei der eben erwähnten Methode, obgleich man die Basis des Schädels mit dem Finger deutlich fühlt, ausbleiben. Hierauf faßt man den N. glossopharyngeus mittelst eines mit einer mittleren Rinne versehenen Hakens, schiebt diesen bis gegen die Schädelgrundfläche vor und durchschneidet den Nerven auf der Furche des Instrumentes unmittelbar an der Grundfläche des Schädels, nicht aber an der Stelle seiner ersten Begegnung. Die Hunde geben häufig von dem Momente an, wo die Lymphdrüsen zurückgeschlagen worden, kein Schmerzenszeichen von sich.

Specialisiren wir die Verbreitung des Zungenschlundkopfnerven des 1396
Menschen, so lassen sich in Betreff des R. tympanicus bloße Vermuthungen aufstellen. Die Thätigkeit seiner Fäden, welche an das Carotidengeflecht, das runde und eirunde Loch gelangen, ist uns gänzlich unbekannt. Die Reiser dagegen, welche zur Umgebung der Oeffnung der Eustachischen Trompete verlaufen, können schon möglicher Weise Geschmacksempfindung vermitteln. Uebrigens treten auch fremde Primitivfasern durch den Paukenzweig und die Verbindung mit dem Stamme und dem Ohraste des Vagus in den Glossopharyngeus ein. Ursprünglich bewegende Elemente desselben können nach den §. 1395 angeführten Erfahrungen einzelner Forscher in dem R. pharyngeus, dem R. circumflexus s. stylopharyngeus, dem R. communicans cum stylopharyngeo, so wie vielleicht den R. R. infratonsillares enthalten sein. Allein diese Zweige dringen auch, wie sich anatomisch mit Bestimmtheit verfolgen läßt, zu den schmeckenden Theilen der Schleimhaut durch, so daß sie in jedem Falle eine große Menge sensueller Fasern führen. Solche sind außerdem in größter Menge in den R. R. tonsillares, den R. R. radicis linguae und dem R. lingualis enthalten. Der letztere verbreitet sich vorzugsweise in der Zungenwurzel und der Umgebung derselben, reicht jedoch auch mit einigen Bündeln mittelst seiner Verbindungen mit dem R. lingualis N. trigemini, durch den sogenannten Plexus gustatorio-sensorius bis nach vorn zur Zungenspitze.

X. Herumschweifender Nerv (N. vagus). — Die anatomischen 1397
Verhältnisse der Wurzeln des herumschweifenden und des Beinerven führten zuerst Scarpa und Arnold zu der Hypothese, daß beide zusammen einem Rückenmarksnerven und zwar der erstere einer sensiblen und der letztere einer motorischen Wurzel entsprechen. Als die Versuche von Bi-

schoff[1]), die später von Longet und mir bestätigt wurden, die rein motorischen Eigenschaften des N. accessorius kennen lehrten, wurde jene Ansicht von Gädechens, Müller, Bendz, Longet und mir angenommen. Allein Joh. Müller fand schon bei einem lebenden Hunde, daß die Wurzelfäden des Vagus Zuckungen in Schlunde erregten. Eben so hatte ich auch diese bei Kaninchen (und Katzen) häufig beobachtet[2]), jedoch dem Accessorius zugeschrieben. Volkmann[3]) bemerkte bei Kälbern, Schafen, Ziegen, Katzen und Hunden, daß sich die M. m. levator palati mollis, Azygos uvulae (Ziege), Constrictor faucium supremus und infimus, der Arcus pharyngopalatinus, die M. M. crico-thyreoideus, crico-arytaenoideus posticus und lateralis (Katze und Kalb) und hyothyreoideus, so wie die Speiseröhre bis zum Magen herab, nicht aber dieser zusammenzogen. Van Kempen und Schwann[4]) sahen in dem gleichen Falle bei Hunden Contractionen in den Constrictores pharyngis, dem Pharyngostaphylinus, den Innentheilen des Kehlkopfes und der Speiseröhre, dagegen nicht in dem Gaumensegel mit Ausnahme des genannten Pharyngostaphylinus. Auch Stilling überzeugte sich von den ursprünglich motorischen Eigenschaften des herumschweifenden Nerven. Longet[5]) hingegen konnte bei dem Pferde keine Zuckungen der Kehlkopfmuskeln nach Reizung der Wurzeln des Vagus, wohl aber nach der des Accessorius wahrnehmen.

1398 Die sensiblen Functionen des herumschweifenden Nerven lassen sich leicht nachweisen. Legt man ihn bei einem lebenden Kaninchen bloß und drückt oder zerschneidet seine Wurzeln, so schreien die Thiere sehr heftig und zwar nicht so intensiv, wie bei der Trennung des N. trigeminus, jedoch stärker als bei dem Anspruche eines jeden anderen Hirnnerven.

1399 Der N. vagus nimmt innerhalb seines Jugularknotens den vorderen Theil oder den sogenannten vorderen Ast des rein motorischen N. accessorius in sich auf. Diese bewegenden Fäden vermischen sich dann mit denen des Vagus und verlaufen in den mannichfachen Aesten desselben. Wenn also im Folgenden von den Thätigkeiten der Zweige des herumschweifenden Nerven die Rede ist, so wird die Vermischung der Primitivfasern der Wurzelfäden desselben mit denen des R. anterior N. accessorii gemeint.

1400 Der Ohrast des Vagus ertheilt einerseits, wie wir §. 1385 sahen, sensible Fasern an den Antlitznerven und versieht anderseits den äußeren Gehörgang mit empfindenden Nervenelementen. Eben so vermitteln höchst wahrscheinlich die Schlundzweige desselben die Sensibilität der Schleimhaut des Pharynx, so wie die Motilität der Constrictores pharyngis oder des

---

1) L. W. Th. Bischoff Commentatio de N. accessorii anatomia et physiologia. Darmstadt, 1832. 4.

2) De functionibus nervorum p. 46. Anmerkung.

3) Müller's Archiv. 1840. S. 493.

4) Repertorium Bd. VIII. 8. 321.

5) F. A. Longet Récherches expérimentales sur les fonctions des nerfs, des muscles du larynx et sur l'influence du nerf accessoire de Willis sur la phonation. Paris, 1841. 8. p. 31.

Constrictor supremus und infimus. Reizt man sie bei eben getödteten Hunden, so erfolgen sehr energische Bewegungen des Schlundes. Diejenigen Zweige, welche die Carotis und die Vena jugularis interna versorgen, haben wahrscheinlich ebenfalls einen gemischten Charakter. Auf den Einfluß des Vagus auf die Regenbogenhaut des Auges werden wir bei dem sympathischen Nerven zurückkommen.

Der Kehlkopf empfängt bekanntlich zwei Hauptäste des N. vagus, 1401
nämlich den R. laryngeus superior, der hoch oben am Halse entsteht, und den R. laryngeus inferior s. recurrens Vagi, der erst am Anfange der Brusthöhle rechts unter der A. subclavia und links unter dem Aortenbogen entspringt und längs der Luftröhre emporsteigt, um zu dem Larynx zu gelangen. Beide Stämme sind, wie man bei Kaninchen und Hunden sehen kann, gemischt. Allein während sich der obere Kehlkopfszweig als ein sehr empfindlicher Nerv darstellt, erscheint der untere vorherrschend motorisch. Drückt man jenen zusammen, so schreien die Hunde, während man bei diesem in dem gleichen Falle vorzüglich bei Kaninchen entweder keine oder eine nur unbedeutende Reaction erhält. Nach der Trennung des oberen Astes wird die Schleimhaut des Kehlkopfes und zum Theil des Kehldeckels größtentheils unempfindlich. Die sensiblen Fasern des rücklaufenden Astes scheinen zur Schleimmembran der Luftröhre und zum Theil zu dem Larynx zu verlaufen. Durchschneidet man beide Vagusstämme über dem Ursprunge der N. N. laryngei, so wird das Innere des Kehlkopfes der Luftröhre sehr unempfindlich. Mechanische oder chemische Reize erregen keinen Schmerz oder Husten und zufällig in den Larynx oder die Trachea gelangte Körper werden nicht mehr ausgeworfen.

Die Angaben der Schriftsteller, welche sich mit Untersuchungen über 1402
den motorischen Einfluß des oberen Kehlkopfnerven specieller beschäftigt haben, stimmen nicht gänzlich mit einander überein. Nach Volkmann[1]) würde der Laryngeus superior den Constrictor faucium supremus und den Cricothyreoideus, so wie bei Hunden und Kälbern den Hyothyreoideus, nach Longet[1]) den Constrictor faucium infimus und den Cricothyreoideus versorgen. Der letztere Forscher schreibt dann diese motorischen Kräfte dem äußeren Aste des R. laryngeus superior zu, während der innere rein sensibel ist. Der R. laryngeus inferior dagegen beherrscht nach ihm die Contractionen der übrigen Kehlkopfmuskeln, nämlich der M. M. Crycoarytaenoideus lateralis und posticus, Arytaenoideus transversus und Thyreoarytaenoideus. Seine Reizung bei frisch getödteten Pferden, Hunden oder Kaninchen hat heftige Erschütterungen dieser Muskelgebilde zur Folge. Die motorische Quelle des Reflector epiglottidis ist noch nicht sicher ermittelt.

Die Durchschneidung beider R. R. laryngei superiores gefährdet nicht 1403
das Leben von Kaninchen oder Hunden. Die Thiere können ohne sicht-

---

1) Müller's Archiv. 1840. S. 494.

2) a. a. O. Tome II. p. 273 und Récherches expérimentales sur les fonctions des nerfs, des muscles du larynx. Paris, 1841. 8. p. 9.

bare Respirationsbeschwerde Monate lang erhalten werden. Die Stimme zigt entweder keine Veränderung oder wird nur etwas rauher. Longet leitet diese Verschiedenheit davon her, daß in dem ersteren Falle einzig und allein die inneren, in dem letzteren zugleich die äußeren Aeste der oberen Kehlkopfsnerven durchschnitten worden. Der Einfluß auf die Stimmbildung entstände hiernach nur durch die Lähmung des Cricothyreoideus. Man erlangt auch nach ihm dasselbe Resultat, wenn man nur die Fäden, welche sich in ihn begeben, zerstört.

1404 Anders verhält sich dagegen die Trennung des Laryngei inferiores. Durchschneidet man sie selbst und nicht die ganzen Vagusstämme bei jungen oder mittelgroßen Kaninchen, so wird nicht nur die Stimme verändert, sondern es stellt sich auch bald Schleimrasseln ein. Werden die Thiere zu heftigem Schreien, z. B. durch die Verletzung des Trigeminus veranlaßt, so bringen sie oft äußerst hohe und feine Töne hervor. Bisweilen geben sie auch von Zeit zu Zeit von selbst eigenthümliche feine Laute von sich. In der Regel kommen nach und nach immer heftigere Athembeschwerden (§. 1414) zum Vorschein, bis endlich der Tod erfolgt. Dieser tritt aber, wenn man dann die Laryngei superiores oder selbst nur die R. R. cricothyreoidei durchschneidet, noch früher ein. Die Stimmritze schließt sich alsdann und die Thiere ersticken binnen Kurzem, sobald man nicht eine künstliche Luftröhrenfistel anlegt. Können sie durch eine in ihre Trachea angebrachte Oeffnung Luft einziehen, so leben sie ungestört fort. Junge Hunde führen zu den gleichen Resultaten.

1405 Während aber Säugethiere zarteren Alters die lebensgefährlichsten Symptome nach der Verletzung der beiden Recurrentes darbieten, ist dieses bei alten Hunden oder Kaninchen nicht der Fall. Obwohl auch bei ihnen die gleichen Lähmungserscheinungen der Kehlkopfmuskeln beobachtet werden, so überleben sie doch die Operation Monate lang. Dieser zuerst von Legallois ausführlich nachgewiesene Unterschied beruht auf den Entwickelungsverschiedenheiten des Kehlkopfes; die verhältnißmäßig kleinere und weichere Glottis respiratoria jüngerer Thiere, die noch von zarteren und nachgiebigeren Theilen umringt wird, fällt durch den Druck der Einathmungsluft von selbst zusammen. Ihre Ränder schließen bisweilen so fest, daß in die Luftröhre nach oben eingespritztes Wasser nicht durchdringt (Longet). Können daher die gelähmten Cricoarytaenoidei postici die Stimmritze nicht mehr erweitern, so wird die Inspiration gehindert und der Erstickungstod tritt ein. Wenn sich aber später die vorderen Fortsätze der Cartilagines arytaenoideae entwickeln, so bleibt ein Theil der Stimmritze auch nach Durchschneidung der Recurrentes von selbst offen. Die Thiere gehen daher nicht zu Grunde, sondern werden nur außer Stand gesetzt, höhere Töne hervorzubringen und leiden an Athmungsbeschwerden. Die Zahl ihrer Athemzüge vergrößert sich alsdann, so daß sie z. B. bei erwachsenen Kaninchen von 60 bis 70 auf 100 bis 108, bei dreimonatlichen Hunden von 22 bis 25 auf 48 und bei alten Thieren der Art von 18 bis 20 auf 30 bis 32 in der Minute steigt [1]). Diese Theorie erklärt jedoch nicht hin-

[1]) Longet a. a. O. Tome II. p. 286. 87.

reichend, weshalb junge Kaninchen nicht selten nach bloßer Lähmung der Cricothyreoidei in die größte Erstickungsgefahr gerathen, da dann noch die Erweiterer der Stimmritze mit ihren vollkommenen motorischen Nerven versehen bleiben.

Es ergiebt sich von selbst, daß die Durchschneidung der Halsstämme 1406
der beiden Vagi unterhalb des Abganges der Laryngei superiores die gleichen Folgen, wie die Trennung der Laryngei inferiores bedingen müsse. Dieses wird nicht nur durch die Erfahrung bestätigt, sondern Thiere mittleren Alters scheinen auch dann um so sicherer dem Tode zu verfallen. Wenigstens starben mir alle mäßig großen Kaninchen, deren beide Vagi verletzt waren, während andere, bei denen die Recurrentes zerstört worden, Wochen lang am Leben blieben. Ich kann aber nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob dieses durch Entwickelungsdifferenzen des Kehlkopfes oder andere Verhältnisse bedingt wurde.

Schon Galen wußte, daß die Lähmung der Recurrentes auch bei dem Menschen Stimmlosigkeit erzeugt. Aneurysmen des Aortenbogens, Geschwülste, entartete Drüsen können zu solchen Störungen Veranlassung geben. Daß sich auch hier Erstickungsgefahr zu vollständigen Paralysen der genannten Nerven gesellen müsse, läßt sich mit Recht annehmen.

Die von Magendie aufgestellte Hypothese, daß die oberen Kehlkopfnerven die Verengerer, die unteren dagegen die Erweiterer der Stimmritze beherrschen, wurde schon früher von verschiedenen Forschern durch anatomische und physiologische Untersuchungen in Abrede gestellt [1]). Sie widerlegt sich einfach dadurch, daß sowohl die Arytaenoidei transversi und obliqui, als die Cricoarytaenoidei postici von dem R. recurrens versehen werden.

Die übrigen Zweige des herumschweifenden Nerven versorgen die 1407
großen Gefäße am Halse, die mannichfachen Eingeweide der Brusthöhle und den Magen und nehmen überdies an den Lebergeflechten des sympathischen Nerven Theil. Der R. ad divisionem Carotidis und die R. R. anteriores und posteriores et interni begeben sich zunächst zu der gemeinschaftlichen Carotis, ihrer Theilungsstelle und den aus ihr hervorgehenden Aesten, die in einzelnen menschlichen Leichen vollkommen gesonderten drei R. R. cardiaci zu dem Herzen nebst den großen Gefäßen in der Nähe desselben, die R. R. descendentes major und minor, so wie die R. R. cardiaci profundi superiores und inferiores zu den genannten Theilen der Luftröhre und den Lungen, dem Ueberreste der Thymus, den benachbarten lymphatischen Drüsen und der Speiseröhre. Die Plexus tracheales, pulmonales anteriores und posteriores und oesophagei verbreiten sich in die verschiedenen erwähnten Brusteingeweide und die R. R. gastrici in den Magen, während noch zuletzt Endfäden des herumschweifenden Nerven in den Plexus solaris, die Plexus hepatici und andere benachbarte Unterleibsgeflechte eingehen. Der gemischte Einfluß, welchen die Vagi auf den größten Theil der genannten Hauptorgane ausüben, läßt sich durch physiologische Versuche mit Bestimmtheit nachweisen.

Hat man irgend ein Säugethier, z. B. ein Pferd, einen Hund, ein 1408
Schaf oder Kaninchen ohne Verletzung der Herzgeflechte und zwar am be-

---

[1]) De functionibus nervorum p. 49.

sten durch Erstickung mittelst einer um die Luftröhre allein geschlungenen Ligatur getödtet, legt den Vagus am Halse bloß und wartet, bis das Herz zu pulsiren aufhört, so erscheinen bisweilen die Schläge desselben wieder, so wie man das peripherische Stück des unterdeß durchschnittenen herumschweifenden Nerven mit der Pincette drückt oder mit Salpetersäure betupft. Da sich hier nicht selten die Zusammenziehungen noch längere Zeit nach dem Anspruche des Nerven wiederholen und daher der Verdacht eines zufälligen Zusammentreffens des Augenblickes der Reizung mit dem Momente der Erneuerung der Herzcontractionen entstehen könnte, so ist ein durch den gleichen Versuch in manchen Fällen zum Vorschein kommendes scheinbar unvollständiges Resultat noch belehrender. Man bemerkt nämlich alsdann keine Zusammenziehung der Ventrikel oder der Kammern in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern die oberflächlichen Muskelfasern der letzteren zucken an einzelnen Stellen im Momente des Anspruches des Vagus, während einen Augenblick darauf vollkommene Ruhe eintritt. Versuche an lebenden Thieren bekräftigen ebenfalls diese Einwirkung auf das Herz. Legt man z. B. bei einem Kaninchen die Carotis und den Vagus bloß, durchschneidet den letzteren und drückt seinen peripherischen Theil zusammen, so klopft zuweilen die Arterie auf eine auffallende Weise stärker. Läßt man das Thier, z. B. einen Hund, der auf die gleiche Art operirt worden, am Leben, so wird der Herzschlag schneller und, wie es scheint, schwächer, unregelmäßiger und zitternder. Die Zahl der Pulsationen steigt z. B. bei Hunden von 70 bis 80 auf 150 [1]) und erhält sich wenigstens mehrere Tage auf einer bedeutenderen Höhe als gewöhnlich. Sie stehen aber keineswegs selbst nach Verletzung beider Vagi, wie ältere Forscher annahmen, als directe Wirkung der Operation still.

Daß auch die Verästelungen des herumschweifenden Nerven an der Vermittlung der Sensibilität der Innenfläche des Herzens Theil nehmen, ist zwar theoretisch sehr wahrscheinlich, läßt sich jedoch nicht durch definitive Versuche erhärten.

1409 Die Luftröhre und die Lungen erhalten ebenfalls gemischte Zweige von dem genannten Nerven. Hat man ihn beiderseits hoch oben am Halse durchschnitten, so kann man die Trachea der Länge nach aufschneiden und ihre Schleimhaut nicht bloß mechanisch oder chemisch durch Wasser, sondern auch durch ätzende Säuren reizen, ohne daß Husten entsteht. Legte ich diese Gebilde bei einem eben getödteten Kaninchen bloß und beobachtete die Luftröhre und die Trachealringe an ihrer Hinterfläche, während ein Gehülfe den R. laryngeus inferior reizte, unter der Lupe, so rückten jene momentan an einander. Eben so bemerkte Longet [2]) schon mit freiem Auge die Contractilitätserscheinungen der Bronchien von Pferden und Ochsen, sobald er die N. N. vagi mechanisch oder chemisch ansprach.

1410 Der motorische Einfluß des herumschweifenden Nerven auf die Speiseröhre läßt sich leicht nachweisen. Legt man den Brusttheil des Oesophagus bei einem eben getödteten Säugethiere bloß, so kann man durch Reizung der

---

[1]) Longet a. a. O. Tome II. p. 315. [2]) a. a. O. Tome II. p. 289.

Speiseröhrengeflechte oder selbst des Halstheiles oder der Wurzeln des Vagus energische von oben nach unten gehende Stoßbewegungen der Speiseröhre hervorrufen. Da sich nun Fäden des Plexus oesophagei bis zur Schleimhaut derselben verfolgen lassen, so läßt sich schon hieraus entnehmen, daß sie wenigstens einen Theil ihrer sensiblen Primitivfasern aus dieser Quelle bezieht. Indirect erhellt das Gleiche aus einem Versuche von Longet[1]). Enthauptet man ein Säugethier dergestalt, daß die Eintrittsstellen der Wurzeln der Vagi und Accessorii in das verlängerte Mark unversehrt bleiben und reizt die Schleimhaut der Speiseröhre mechanisch, so entstehen Reflexbewegungen derselben. Sie fehlen aber nach der Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven am Halse. Es bleibt jedoch dahin gestellt, ob dieses immer der Fall ist, da die noch unversehrt vorhandenen Sympathicusfasern die Reflexbewegungen des Oesophagus zu vermitteln im Stande wären.

Die Einwirkung von Reizen auf den Halstheil des herumschweifenden 1411
Nerven kurz vorher getödteter Kaninchen, Pferde, Hunde und Katzen ruft sehr oft die deutlichsten Bewegungen des Magens hervor. Er zieht sich entweder im Ganzen zusammen oder schnürt sich an einer Stelle seines mittleren Theiles durch eine von seiner kleinen zur großen Curvatur verlaufende Furche ein oder zeigt Bewegungen, die allmälig von der Cardia nach dem Pförtner fortschreiten. Alle diese Wirkungen kommen oft erst, dem Charakter der einfachen Muskelfasern des Magens entsprechend, einige Secunden nach der Affection des Nerven zu Stande. Longet[2]) behauptet, daß diese Erscheinung nur eintrete, wenn der Magen voll, nicht aber wenn er leer ist. Hiergegen kann ich jedoch anführen, daß ich z. B. energische Magenbewegungen zu wiederholten Malen bei einer Katze beobachtete, die mehrere Tage gehungert hatte und deren Magen nichts als einige zusammengeballte Haare enthielt. Daß er auch sensible Fasern vom Vagus empfange, wird sich aus den bald zu erwähnenden Wirkungen der Lähmung des Nerven auf lebende Geschöpfe ergeben.

Weder die Gallenblase, noch die Gallengänge oder der Ductus chole- 1412
dochus zeigten bis jetzt Spuren von Zusammenziehung, sobald die Halstheile oder die Magenzweige der Vagi in Thätigkeit gesetzt wurden. Eben so wenig wirken diese Nerven auf die peristaltische Bewegung der dünnen Gedärme der Säugethiere.

Die Durchschneidung des Halsstammes des herumschweifenden Nerven 1413
ist eine so leichte und einflußreiche Operation, daß es uns nicht wundern darf, wenn sie schon seit den ältesten Zeiten der experimentellen Physiologie ausgeübt worden. Sticht oder drückt man den bloßgelegten Vagus, so geben viele der gebrauchten Thiere deutliche Schmerzenszeichen von sich. Bei dem Pferde wurde auch in diesem Falle Husten beobachtet (Romberg). Manche dagegen reagiren gar nicht, obgleich ihr Vagus unzweifelhaft viele sensible Nervenfasern führt. Dieses geschieht vorzüglich, wenn sie viel

---

[1]) a. a. O. Tome II. p. 317.
[2]) a. a. O. Tome II. p. 322. 23.

Blut verloren oder schon vorher längere Zeit Schmerzen ertragen haben oder ihr Vagus einige Zeit der Luft ausgesetzt gewesen ist.

1414 Die Trennung des einen Halsstammes des Vagus hat keine tödtlichen Folgen. Ist der Nerv z. B. bei Hunden hoch oben durchschnitten worden, so verkleinert sich die Pupille des Auges der entsprechenden Seitenhälfte und verharrt in diesem Zustande, sobald keine Wiedererzeugung des Nerven eingetreten, Jahre lang. Vorzüglich junge Thiere leiden an Respirationsbeschwerden, keuchendem oder pfeifendem Athem, Schleimrasseln und Beschleunigung der Athemzüge, die bisweilen besonders tief ausfallen. Junge Hunde nehmen so viel Milch, daß ihre Oberbauchgegend auf eine sogleich in die Augen fallende Weise angeschwollen erscheint. Nicht selten bildet daher Diarrhö einen Begleiter dieses Krankheitszustandes. Die Ueberfüllung des Magens, die Beschwerden der Respiration, vorzüglich die tiefen Einathmungen und manche andere, später zu erwähnende Momente veranlassen häufig Erbrechen, durch welches die Milch zum Theil geronnen ausgeworfen wird. Werden die Thiere länger am Leben erhalten, so schwinden alle Beschwerden mit Ausnahme der Verkleinerung des Sehloches. Die größere Gefräßigkeit verharrt noch am längsten. So verhielt sich die Sache wenigstens bei einem Hunde, den ich länger als drei Jahre nach der Operation leben ließ. Die beiden Stücke seines linken durchschnittenen Vagus waren bedeutend von einander entfernt, zum Theil geschwunden, mit den benachbarten Halsmuskeln verwachsen und liefen in dünne an diese angeheftete Fäden aus.

1415 Die Zerstörung beider Halstheile der herumschweifenden Nerven dagegen zieht immer bei Vögeln und Säugethieren den Tod nach einiger Zeit nach sich. Schon unmittelbar nach der Operation zeigen sich Athmungsbeschwerden, welche bei jungen Kaninchen oder Hunden auf der Stelle eine solche Höhe erreichen können, daß nur die Tracheotomie ein baldiges Ende verhütet. Wird die Atmosphäre von der Oeffnung der Luftröhre aus vollständig in die Lungen eingesogen, so besteht das Leben länger fort, zum Beweise, daß nur die §. 1402 geschilderte Lähmung der Kehlkopfmuskeln und deren Wirkung, die Verschließung der Stimmritze, die Erstickung bedingt. Erwachsene Säugethiere leben höchstens noch 1—2½, Vögel dagegen, wie Hühner oder Tauben etwas längere Zeit, doch kaum mehr als 4 Tage.

Während sich die Athembeschwerden des Thieres nach und nach vergrößern, wird es traurig und nicht selten apathisch, so daß es stehen bleibt, wo man es hinsetzt, fortgestoßen nicht weiter geht und sich überhaupt um dasjenige, was sich in seiner Nähe ereignet, nicht kümmert. Tritt eine fieberhafte Reaction ein, so trinkt es mit vieler Begierde, so daß der Durst nicht nur geschwunden, sondern, wie gewöhnlich, in Folge der febrilen Aufregung erhöht ist. Anders dagegen scheint es sich mit dem Hunger zu verhalten. In seiner Apathie sucht es keine Nahrungsmittel, selbst wenn man es Stunden lang hungern läßt. Setzt man ihm dagegen Speisen vor, so daß sie ihm in die Augen fallen, oder stopft sie ihm in den Mund, so nimmt es dieselben ohne Aufhören. Diese bei Hunden, Pfer-

den oder Kaninchen immer zweideutigen Zeichen erhalten erst ihre definitiven Belege durch Krankheitsbeobachtungen am Menschen [1]). Personen mit Verstimmung oder Lähmung eines oder beider Vagi leiden an Appetitlosigkeit und Gefräßigkeit. Sie nehmen eine übergroße Menge von Speisen zu sich, weil nicht bloß ihr Hunger-, sondern auch ihr Sättigungsgefühl gestört ist. Bei einzelnen Kranken der Art fehlte auch die Empfindung des Durstes. Allein wenigstens die an Hunden angestellten Beobachtungen scheinen nicht direct die Abhängigkeit derselben vom Vagus zu unterstützen.

Die Thiere biegen nicht selten den Kopf während des Verschluckens der Speisen auf eigenthümliche Weise — eine Erscheinung, die unzweifelhaft von dem paralytischen Zustande der Speiseröhre herrührt. Sie erbrechen sich sehr leicht von selbst, nicht aber, wenn man die Schleimhaut ihres Pharynx kitzelt. Die Oxydation ihres Blutes vermindert sich mit der Zunahme ihrer Athmungsbeschwerden. Es ist daher dunkler, als im Normalzustande, und Theile, durch welche zahlreiche Capillargefäße durchscheinen, wie die Schleimhaut der Lippen oder des Einganges der Nasenhöhle der Säugethiere oder der Kamm der Hähne, nehmen eine violette bis dunkelblaue Färbung an. Das Thier verzehrt zugleich weniger Sauerstoff und scheidet eine geringere Quantität von Kohlensäure aus. Seine Eigenwärme sinkt und erhöht sich nur bisweilen, gleich der Athmung, unmittelbar vor dem Tode in geringem Grade. Es friert leicht und fühlt sich kalt an. Nach und nach nimmt die Erstickungsgefahr immer mehr zu; die Athemzüge folgen in größeren Zwischenräumen und sind bisweilen bei Hunden von starkem Schleimrasseln begleitet. Es wird mit Mühe tief inspirirt und lange unter Beihilfe der Bauchmuskeln ausgeathmet. Endlich stirbt das Thier suffocatorisch unter Krämpfen oder plötzlich umfallend oder allmälig einschlafend.

Bei der Section zeigt sich die Schleimhaut des Kehlkopfes und der Stimmritze injicirt und mit reichlichem Schleim bedeckt. Oft enthält sie geradezu heller oder dunkler rothe Extravasate. Die Stimmritze ist geschlossen oder bietet, wenn der Leichnam einige Zeit gelegen, keinen Unterschied von den gesunden Verhältnissen dar. Die Innenhaut der Bronchien zeigt an einzelnen Stellen ähnliche Verhältnisse wie die der Luftröhre; die Lungen sind häufig an einzelnen Stellen emphysematisch, oft mit blauschwarzen Flecken oder Extravasaten versehen und geben bei dem Einschneiden eine schaumigte helle oder dunkelrothe Blutmasse von sich. Sie können jedoch auch, wie ich wenigstens bei Kaninchen sah, wenn sich der Tod kurze Zeit nach der Operation einstellte, vollkommen gesund erscheinen. Das Blut ist um so dunkler, je länger die Erstickungsnoth angehalten. Sein Mangel an Gerinnbarkeit bildet wenigstens kein beständiges Merkmal. Alle diese Thatsachen zeigen daher, daß der Einfluß der Unthätigkeit der Vagi nur indirect die Athmung aufhebt. Die Verschließung der Stimmritze hindert die gehörige Strömung der Luft zu den

---

[1]) Mehrere Fälle finden sich zusammengestellt in Fr. Arnold Bemerkungen über den Bau des Hirns und des Rückenmarks. Zürich, 1838. 8. S. 124 fgg.

Respirationsorganen. Das Blut wird daher weniger erfrischt und außer Stand gesetzt, die übrigen Organe zu beleben, bis endlich die hierdurch bedingte Lähmung der Centraltheile des Nervensystemes dem Leben ein Ende macht. Jedoch werden weder das Athmungsbedürfniß noch der Mechanismus der Athemmuskeln durch die Durchschneidung der herumschweifenden Nerven aufgehoben. Sie erhalten sich beide noch, wenn die Luftröhre selbst zugeschnürt oder sogar die Lungen exstirpirt sind.

1416 Da die herumschweifenden Nerven zahlreiche Zweige an den Magen ertheilen und, wie wir gesehen haben, einen wesentlichen Einfluß auf die Bewegungen dieses Organes und das Hunger- und Sättigungsgefühl ausüben, so fragt es sich, ob sie auf die Magenverdauung einwirken oder nicht. Die neueren Untersuchungen haben in dieser Hinsicht nachgewiesen, daß eine Einwirkung allerdings Statt findet, daß sie aber keine ursprünglich chemische ist, sondern eine Consequenz der motorischen Lähmungserscheinungen darstellt.

Ist ein Kaninchen oder ein Hund in Folge der Durchschneidung der beiden Vagi zu Grunde gegangen, so reagirt die Magenschleimhaut, wenn das Organ mit Nahrungsmitteln gefüllt ist, eben so sauer wie sonst. Sie selbst oder ihr wässriger Auszug eignet sich vollkommen zu künstlichen Verdauungsversuchen und das Gleiche gilt von dem Kropfe der Vögel, die nach der Trennung der Vagi gestorben sind. Die Verdauungskraft ist noch in dem Grade vorhanden, daß Eiweißwürfel aufgelöst werden, wenn selbst nur der gewöhnliche Sonnenschein als Erwärmungsmittel dient. Hieraus ergiebt sich, daß weder die saure Beschaffenheit des Magensaftes, noch die Kraft desselben geronnene Proteinkörper aufzulösen, d. h. die wesentlichsten uns bis jetzt bekannten Eigenschaften dieses Absonderungsproductes durch die Paralyse der N. N. vagi eine Veränderung erleiden. Dieser Schluß wird noch dadurch, daß bisweilen die operirten Hunde die Milch, welche sie genossen haben, zum Theil geronnen ausbrechen, bekräftigt.

Untersucht man aber die Speisemassen, welche im Magen der nach der Operation verschiedenen Thiere vorgefunden worden, so zeigen sich deutliche Zeichen von Abnormitäten und Verzögerungen des Verdauungsprocesses. Das Futter der Kaninchen z. B. ist zu einem den Magen ausfüllenden Ballen zusammengehäuft, der nur an seiner Oberfläche von einer schleimigten zum Theil aufgelösten Masse bekleidet wird. Das Innere dagegen ist noch unverarbeitet. Dieses Resultat kehrt selbst bei Thieren, die mehrere Stunden vor dem Tode Nichts zu sich genommen haben, wieder. Zu gleicher Zeit streift sich das Epithelium der Magenschleimhaut in einzelnen Lappen, die an und in der erweichten äußern Schicht des Magensaftes liegen, los. Alle diese Eigenthümlichkeiten bilden aber offenbar nur die Folgen der Störung der Magenbewegungen, welche durch die Lähmung der Vagi eintritt. Sie vermindern sich auch, wenn man die peripherischen Enden derselben während des Lebens des Thieres anhaltend galvanisch reizt. Die aufgelösteren Massen werden dann durch die künstlich hervorgerufenen Contractionen in den Zwölffingerdarm geschoben, so daß die inneren Parthieen um so leichter der Einwirkung des Magensaftes anheim-

fallen können. Ob nicht aber die Losstoßung und Wiedererzeugung des Epithelium der Magenschleimhaut durch die Unthätigkeit der Vagi abnorm gemacht werde, bleibt unentschieden.

XI. Beinerv (N. accessorius). — Werden die Wurzeln desselben 1417
bei dem Hunde oder dem Bocke bloßgelegt und einzeln durchschnitten oder losgerissen, so giebt das Thier keine Schmerzenszeichen von sich (Bischoff[1]), Longet)[2]). Wird man bei Kaninchen der Blutung Herr, so gelangt man auch hier zu demselben Resultate. Der Beinerv bildet hiernach ursprünglich keinen sensiblen Nerven, wird aber bald in seinem Verlaufe mit empfindenden Primitivfasern versehen. Dieses kann schon durch seine Aufnahme der hinteren Wurzel des ersten Halsnerven zu Stande kommen. Es erfolgt aber immer durch seine gegenseitigen Vereinigungen mit dem N. vagus.

Der Accessorius zerfällt bekanntlich, wie man annimmt, in einen 1418
vorderen und einen hinteren Ast. Jener verläuft nicht als isolirter Zweig, sondern verbindet sich sogleich innerhalb des Jugularknotens mit den Primitivfasern des herumschweifenden Nerven und verbreitet sich mit den Zweigen desselben peripherisch. Ich sowohl als Longet sahen nach Reizung der Wurzeln des Accessorius Bewegungen in den Muskeln des Kehlkopfes, des Schlundes, der Speiseröhre, des Herzens. Dagegen konnte Keiner von uns einen deutlichen Einfluß auf die Bewegungen des Magens beobachten. Volkmann bestätigte den Einfluß auf das Herz, war aber eben so wenig wie Stilling und van Kempen im Stande, eine Einwirkung auf die Kehlkopfmuskeln wahrzunehmen. Abgesehen aber davon, daß diese negativen Erfahrungen gegen die oben angeführten positiven Thatsachen nicht zeugen können, erhärten noch zwei andere Momente die Wirkung des Accessorius auf die Stimmverhältnisse. 1) Lassen sich Fasern des vorderen Astes des Beinerven in den R. laryngeus superior und inferior anatomisch verfolgen[3]) und 2) wird die Stimme lebender Hunde nach Bischoff, Longet und Bernard um so rauher, eine je größere Zahl von Wurzeln ihrer Beinerven zerstört worden. Nach Longet lähmt sogar eine gänzliche Zerschneidung derselben die Muskeln der Stimmbänder vollständig eine theilweise hingegen unvollkommen[4]).

Der äußere Ast des N. accessorius ist nicht mehr rein motorisch, so 1419
wie er frei peripherisch verläuft. Denn seine Durchschneidung erregt sowohl bei Hunden als Kaninchen deutliche, wenn auch keineswegs sehr große Schmerzensäußerungen. Unzweifelhaft hat er dann schon sensible Fasern, vorzüglich von dem N. vagus in sich aufgenommen. Seine Reizung verursacht bei frisch getödteten Thieren Zuckungen in beiden Theilen des Sternocleidomastoideus und dem Cucullaris s. Trapezius, nicht aber in anderen Muskeln.

---

[1]) Th. W. L. Bischoff N. accessorii anatomia et physiologia. Darmstad., 1832 4. p. 91.

[2]) a. a. O. Tome II. p. 358.

[3]) Vergl. H. C. B. Bendz Tractatus de connexu inter N. vagum et accessorium Willisii. Hauniae, 1836. 4. p. 20. 21.

[4]) a. a. O. Tome II. p. 263. 64.

Betrachten wir wiederum übersichtlich die Verbreitung des Vagus und Accessorius, so erhalten wir folgende Tabelle:

Hauptstamm.	Zweige desselben.	Verbreitungsbezirk sensibler. Haut.	motorischer. Muskel.	In andere Organe.
N. vagus cum R. anteriori. N. accessorii.	R. auricularis.	Haut des äußeren Gehörganges.		Verbindung mit dem Zungenfleischnerven, dem Antlitznerven und dem hinteren tiefen Ohrnerven.
	R. pharyngei.	Schleimhaut des Schlundes und zum Theil des weichen Gaumens.	Schlundkopfschnürer und einzelne Muskeln des weichen Gaumens.	Verbindung mit den Nerven des weichen Gaumens und dem Schlundgeflechte.
	R. R. carotici.			Carotis u. deren Verästelungen.
	R. laryngeus superior.	Schleimhaut des Kehlkopfes und zum Theil des Schlundes.	Cricothyreoideus. Ein Theil der Constrictores faucium. (Hyothyreoideus.)	
	R. ad divisionem carotidis, R. R. vasculares, R. R. descendentes.			Große Gefäße am Halse und in der Brust. (Schilddrüse.)
	R. R. cardiaci III. u. IV. R. R. cardiaci profundi.	Innenhaut des Herzens? Schleimhaut der Luftröhre, der Lungen und der Speiseröhre.	Muskulatur des Herzens. (Contractile Fasern der Bronchien?)	Große Gefäße der Brusthöhle.
	R. laryngeus inferior s. recurrens.	Schleimhaut des Kehlkopfes und der Luftröhre.	Arytaenoideus transversus u. obliquus. Cricoarytaenoideus lateralis und posticus. Thyreoarytaenoideus. Contractile Fasern der Luftröhre.	Verbindungen mit den Geflechten des Herzens, der Trachea, der Lungen, u. der Speiseröhre. Zweige an die großen Gefäße.
	Plexus cardiaci, tracheales, pulmonales und oesophagei.	Schleimhaut der Lungen und der Speiseröhre. (Innenhaut des Herzens.)	Muskulatur der Speiseröhre und zum Theil des Magens.	Große Gefäße. Gebilde des vorderen u. hinteren Mittelfellraumes. (Herzbeutel.)
	R. R. gastrici.	Schleimhaut des Magens.	Muskulatur des Magens (wie es scheint, ohne Antheil des Accessorius).	Gefäße am Magen. Verbindung mit dem Plexus solaris und hepaticus.
N. accessorius.	R. externus.	Haut am Halse oder Nacken?	Beide Abtheilungen des Sternocleidomastoideus. Cucullaris s. Trapezius.	

1420 XII. Zungenfleischnerv (N. hypoglossus). — Er ist ursprünglich, wie es scheint, rein motorisch. Wenigstens erregt das Ausreißen seiner Wurzelfasern bei dem Hunde keinen merklichen Schmerz [1]), während

[1]) Longet a. a. O. Tome II. p. 483.

alle seine Ursprungsbündel bei frisch getödteten Säugethieren Bewegungen hervorrufen. Greift man ihn dagegen hoch oben am Halse möglichst nahe an seinem Austritte aus dem Foramen condyloideum anterius an, so besitzt er schon eine sehr deutliche Sensibilität, die er seiner Verbindung mit dem herumschweifenden und den obersten Halsnerven verdankt. Sie steigert sich zum Theil, wenn man weiter am Halse hinabgeht. Die einzelnen Zungenmuskeläste dagegen sind wenig oder gar nicht empfindlich.

Sein motorischer Einfluß läßt sich am besten an frisch getödteten 1421 Säugethieren studiren. Man erhält dann bei verschiedenen Versuchen Zuckungen in den M. M. lingualis, genioglossus, (styloglossus), hyoglossus, geniohyoideus, hyothyreoideus, (omohyoideus), sternohyoideus und sternothyreoideus. Er leitet mithin die Bewegungen der Zunge und zu einem nicht unbedeutenden Theile die des Zungenbeines. Eine directe Einwirkung desselben auf das Zwerchfell konnte ich bis jetzt nicht mit Bestimmtheit wahrnehmen. In einem Falle traten bei der Katze Zuckungen des Diaphragma ein. Jedoch machten die automatischen Bewegungen des letzteren (§. 671) diese Erfahrung zweifelhaft.

Der Hypoglossus nimmt, wie schon die anatomische Untersuchung 1422 lehrt, einen großen Theil von Fasern der beiden ersten oder selbst der folgenden Halsnerven in sich auf. Eine Parthie derselben geht in den R. descendens hypoglossi, welcher eben so gut einen Zweig von jenen als von dem Zungenfleischnerven, oder, richtiger gesagt, ein Anastomosenproduct von beiderlei Nervengebilden darstellt und verläuft zu dem Sterno hyoideus, Sternothyreoideus und Hyothyreoideus; die aufsteigenden Fasern dagegen bewegen einzelne Zungenmuskeln, wie den Lingualis, Geniohyoideus, Genioglossus und Hyoglossus[1]). Daß auch vielleicht hierbei sensible Fasern emporsteigen, läßt sich theoretisch annehmen.

Wir haben schon früher die Lähmungserscheinungen der Zunge, welche 1423 eine Folge der Durchschneidung der beiden Hypoglossi darstellen, kennen gelernt (§. 1395). Diese Infirmität hindert nicht nur das Ergreifen und Zerkauen der Nahrungsmittel, sondern auch die Uebergabe derselben an den obersten Theil des Pharynx, so daß z. B. bei Hunden auf die Zungenwurzel gelegte Speisebissen Stunden lang in der Mundhöhle verweilen können, ohne in den Schlundkopf, der seine normale Thätigkeit beibehält, zu gelangen. Das Thier sucht durch Bewegungen seines Kopfes nachzuhelfen, ohne jedoch sein Ziel zu erreichen. Selbst schon in den Pharynx eingedrungene Bissen kommen nicht selten zurück, weil der Widerstand der Zungenwurzel mangelt. Die Bewegungen des Kehlkopfes sind nicht aufgehoben. Denn der Mylohyoideus, Stylohyoideus, so wie der Digastricus, die Stylopharyngei und die anderen Schlundmuskeln, welche mittelbar auf den Larynx wirken können, werden noch von dem Willen des Thieres beherrscht.

Eine halbseitige Lähmung des Hypoglossus findet sich nicht selten bei Menschen, die in Folge eines Schlaganfalles hemiplegisch geworden sind. Die Zungenspitze ist dann

---

[1]) Volkmann a. a. O. S. 507.

nach der gesunden Seite hingezogen. Die Zunge selbst liegt schief im Munde, kann nur mit Mühe und zitternd bewegt und hervorgestreckt werden und macht die Sprache lallend und unverständlich. Streng genommen sollte daher hier immer die Spitze derselben nach der gesunden und nicht nach der gelähmten Seite des übrigen Körpers gewendet sein. Allein häufig findet das Umgekehrte Statt. Die wahrscheinlichen Ursachen dieses eigenthümlichen Verhältnisses werden uns bei den Kreuzungserscheinungen des centralen Nervensystemes klar werden.

1424 Der Zungenfleischnerv versorgt noch außer den genannten Muskeln die Zungenschlagader, die Carotis und deren unmittelbare Verzweigungen und die Unterkieferdrüse, deren Gänge wahrscheinlich einen Theil ihrer motorischen Nerven aus ihm schöpfen.

1425 Resumiren wir uns aber die Gesammtverbreitung der 12 Hirnnerven, so ergiebt sich, daß sie sich mit Ausnahme der N. N vagus und accessorius nur in die Gebilde des Halses und des Kopfes verbreiten. Sie beherrschen aber gerade die geistigsten sensiblen und motorischen Werkzeuge, nämlich die Thätigkeiten der vier höheren Sinne, den mimischen Ausdruck des Gesichtes, die Stimm- und Sprachorgane, die Gefühle des Hungers und der Sättigung und zum Theil die Thätigkeit des Herzens, der Athmungswerkzeuge, der Schluckapparate und des Magens.

Die nachfolgende Tabelle liefert uns über die Gesammtthätigkeiten derselben eine übersichtliche Auskunft, bei welcher die Einwirkung auf die Gefäße und andere contractile Gebilde, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, außer Acht gelassen worden.

Hirnnerv.	Hauptast desselben.	Energie und Verbreitungsbezirk		
		sensueller.	sensibler.	motorischer.
I. N. olfactorius.		Geruch.		
II. N. opticus.		Gesicht.		
III. N. oculomotorius.	R. superior.		Unbekannt.	Levator palpebrae superioris. Rectus superior.
	R. inferior.		(Iris und andere innere Theile des Auges.)	Rectus internus, Rectus inferior, Obliquus inferior. (Rectus externus.) Iris und andere innere Theile des Auges.
IV. N. patheticus s. trochlearis.				Obliquus superior.
V. N. trigeminus.	R. ophthalmicus.		Iris u. andere innere Theile des Auges. Conjunctiva. Thränendrüse. Thränensack. Thränencarunkel. Schleimhaut der Stirnhöhle (der Siebbeinzellen) und der inneren Nase. Aeußere Haut der Stirn und des vordersten Theiles des Scheitels, der Augenbrauengegend bis zur	

Hirnnerv.	Hauptast desselben.	Energie und Verbreitungsbezirk sensueller.	sensibler.	motorischer.
			Basis der Schläfe hin, des inneren und äußeren Augenwinkels, des oberen Augenlides, der Nase, besonders des Nasenflügels, und der Umgebung der Nasenlöcher.	
	R. maxillaris superior.		Schleimhaut des Keilbeinsinus, der Siebbeinzellen, der inneren Nase, der Eustachischen Trompete u. der Umgebung der Rachenmündung derselben, des obersten Theiles des Schlundes, der Mandel, des weichen Gaumens, der Gaumenbogen u. des Zäpfchens, der Haut des harten Gaumens, der Schleimhaut der Highmorshöhle. Knochensubstanz, Zähne und Zahnfleisch des Oberkiefers. Aeußere Haut der Augenlider, vorzüglich des unteren, der Nase, der Wange bis zur Stirn, der Schläfe und dem aufsteigenden Unterkieferaste hin. Beide Flächen der Oberlippe.	
	R. maxillaris inferior.		Aeußere Haut der Schläfe, des Ohres, vorzüglich der Vorderfläche desselben, der Wange über der Parotis und des Kinnes. Außen- und Innenfläche der Unterlippe. Aeußerer Gehörgang. Trommelfell. Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle und seitlich von der Zungenwurzel vor dem aufsteigenden Aste des Unterkiefers. Schleimhaut der ganzen Zunge. Tonsille. Zähne u. Zahnfleisch der Unterkinnlade.	Temporalis. Masseter. Pterygoideus externus und internus. Mylohyoideus. Digastricus maxillae inferioris, vorzüglich der vordere Bauch desselben. (Tensor tympani.) (Tensor veli palatini.) (Circumflexus palati.)
VI. N. abducens.				Rectus externus. (Geringer Antheil an dem Ciliarnervensystem, sehr selten Wurzel des Augenknotens.)
VII. N. facialis.				Occipitalis. Alle schon in der Tabelle von §. 1389 angegebenen Muskeln des Gesichtes und des äußeren Ohres. M. stylohyoideus. Digastricus maxillae inferioris, vor=

Hirnnerv.	Hauptast desselben.	Energie und Verbreitungsbezirk sensueller.	sensibler.	motorischer.
				züglich hinterer Bauch desselb. Platysmamyoideus. Stapedius. (Tensor tympani?) (Laxator tympani.) (Tensor veli palatini?) (Antheil an der Bewegung der Zunge?)
VIII. N. acusticus		Gehör.		
IX. N. glossopharyngeus.		Geschmack.		(Constrictor faucium medius und Stylopharyngeus.)
X. und XI. N. N. vagus und accessorius.	N. vagus cum R. anteriori N. accessorii.		Haut des äußeren Gehörganges. Schleimhaut des Schlundes, zum Theil des weichen Gaumens, des Kehlkopfes, der Luftröhre und der Lungen, zum Theil des Schlundes, der Speiseröhre und des Magens. Innenhaut des Herzens.	Schlundkopfschnürer und einzelne Muskeln des weichen Gaumens. Sämmtliche Kehlkopfmuskeln. Contractile Fasern der Luftröhre. Muskulatur des Schlundes, der Speiseröhre u. des Magens. Herz.
	R. externus. N. accessorii.		Hals- oder Nackenhaut.	Sternocleidomastoideus. Cucullaris.
XII. N. hypoglossus.				Lingualis. Genioglossus. (Styloglossus.) Hyoglossus. Geniohyoideus. (Omohyoideus.) Sternohyoideus. Sternothyreoideus. Hyothyreoideus.

1426 Sympathischer Nerv (N. sympathicus). — Der Sympathicus entspringt bekanntlich an keiner einzelnen Stelle des centralen Nervensystemes, sondern steht mit allen Rückenmarknerven durch Wurzelfäden und mit sämmtlichen Hirnnerven, den Olfactorius, Opticus und wahrscheinlich den Acusticus ausgenommen, durch Anastomosen in Verbindung. Die Radicularzweige treten in den Grenzstrang und zwar entweder in die Knoten oder die Verbindungsstränge derselben ein, und erst die beiden letzteren Gebilde entlassen die ferneren Verästelungen des sympathischen Nerven.

1427 Jeder der Grenzstränge besitzt, so lange er in der Brust- und der Unterleibshöhle verläuft, den einzelnen Rückenmarksnerven entsprechende Knoten, die nur hin und wieder mit einander verschmelzen. Das Gleiche findet im Grunde genommen am Halse Statt. Nur greifen hier Entwickelungsverhältnisse modificirend ein, so daß zuletzt der freie Halstheil des Sympathicus ein beständiges oberes, ein inconstantes mittleres und ein zum Theil mit den obersten Brustknoten verschmolzenes unteres Ganglion darbietet. Diese Geneigtheit, Knoten zu bilden, wiederholt sich nicht bloß an denjenigen Verlängerungen des Sympathicus, welche nach dem Kopfe emporsteigen, sondern auch an den übrigen Haupt- und Nebenzweigen, die zu den verschiedensten Organen verlaufen. Wie sich die

Körpernerven vorzugsweise durch einfache und seltener durch gangliöse Geflechte mit einander verbinden, so findet das Umgekehrte an den Verbreitungen des Sympathicus Statt. Dieses Vorherrschen der Ganglien bildet, wie wir sehen werden, seinen einzigen relativen Unterschied von den übrigen Körpernerven, mit denen er sonst übereinstimmt.

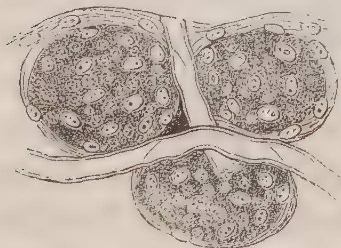
Die Ganglienbildung besteht aber nicht bloß darin, daß ein Nerv 1428
oder ein Nervengeflecht mit peripherischen Nervenkörpern belegt wird, sondern auch die sämmtlichen oder wenigstens ein Theil der aus dem Knoten hervortretenden Zweige einen für das freie Auge scheinbar veränderten Charakter annehmen. Sie besitzen nicht mehr das blendend weiße Ansehen, welches den einfach verlaufenden Hirn- oder Rückenmarksnerven zukommt, sondern sind grau gefärbt, werden bei eintretender Fäulniß röthlich und haben eine weichere Consistenz, so daß man sie daher auch mit dem Namen der *grauen* oder *weichen* Nerven bezeichnet. Da der Grenzstrang und die Zweige des Sympathicus möglichst viele Knoten besitzen, so versteht sich von selbst, daß ihre Verästelungen fast durchgehends grau ausfallen. Allein eben so gut treten auch weiche Nerven aus allen Ganglien der Hirn- oder Rückenmarksnerven hervor. Die R. R. ciliares des Augenknotens, die R. R. petrosi superficiales des Knieknotens des Antlitznerven, der R. tympanicus des Jugularknotens des Zungenschlundkopf-, der R. auricularis des herumschweifenden Nerven u. dgl. liefern hierfür deutliche Belege. Wir haben mithin hierin keinen besonderen Charakter des Sympathicus, sondern eine allgemeine Eigenthümlichkeit der Ganglien, sie mögen an welchem Nerven sie wollen vorkommen.

Das Mikroskop giebt in dieser Hinsicht noch genauere Aufschlüsse. 1429
Zerreißt man ein Ganglion des Menschen oder eines Säugethieres und untersucht dann das Ganze unter stärkeren Vergrößerungen, so findet man neben einzelnen vollständig isolirten Nervenkörpern zugleich solche, welche von einer eigenthümlichen Scheidenbildung umgeben werden. Fig. 217 zeigt uns eine solche Ganglienkugel mit ihrem Kerne und Kernkörperchen, so wie die faserige Scheide, welche sie peripherisch umgiebt. Sie besteht aus einer Menge concentrischer Fasern und aufliegender Kernbildungen. Die letzteren können zwar häufig schon im frischen Zustande deutlich erkannt werden, kommen aber vorzüglich nach der Einwirkung von Pflanzensäuren, vorzüglich von Essigsäure, Weinsteinsäure oder Citronensäure zum Vorschein. Daß diese Scheidenbildung die Ganglienkugel allseitig umgiebt, erhellt daraus, daß sich nicht selten Nervenkörper in der Form Fig. 218 darstellen. Die Gesammtoberfläche der Ganglienkugel ist von der erwähnten Scheidenbildung eingekapselt und mit den Kernen derselben bedeckt. Diese Hülle macht dann auch den Nucleus und Nucleolus des Nervenkörpers unsichtbar.

Fig. 217.

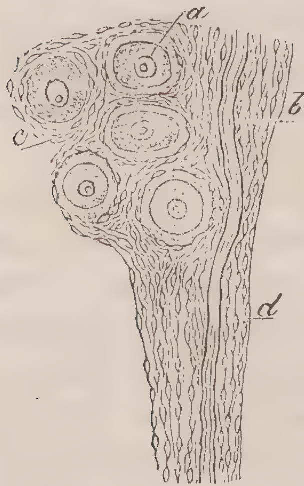


Fig. 218.



Verfertigt man sich mittelst des Doppelmessers einen sehr feinen Durchschnitt eines größeren Nervenknotens, z. B. des Ganglion cervicale supre-

Fig. 219.



mum N. sympathici des Kalbes und untersucht denselben mikroskopisch, so erhält man, wenn das Ganze gut gelungen ist, die in Fig. 219 wiedergegebene Anschauung. Die Ganglienkugeln a werden von ihren Hüllen c rings herum umgeben, während einzelne Nervenfasern b neben und zwischen ihnen verlaufen. Jene Scheiden c dagegen setzen sich noch weiter über die benachbarten Nervenzweige fort und bilden so Fasern d, die wiederum aus feinen mit Kernen belegten Fäden bestehen und einzelne Nervenprimitivfasern b zwischen sich haben. Ist das Präparat ganz frisch, so erscheinen die Scheiden und ihre eben erwähnten Fortsätze grau; an älteren Stücken dagegen sind sie röthlich, in beiden Fällen aber weich und nachgiebig.

Deuten schon die eben erwähnten Thatsachen darauf hin, daß die graue und weiche Beschaffenheit der aus einem Ganglion hervortretenden Nerven von diesen Scheidenfortsätzen herrühre, so läßt eine weiter fortgeführte Untersuchung keinen Zweifel über diese Ansicht übrig. Zerfasern wir einen grauen Nerven, so sehen wir an einzelnen Fragmenten nur solche Elemente, wie sie die Scheidenfortsätze darstellen, während andre außer ihnen b (Fig. 220) meist isolirt verlaufende Primitivfasern a darbieten. Nicht selten gelingt es, einen feinen Schnitt der Abgangsstelle eines Astes aus dem Ganglion mittelst des Doppelmessers zu erhalten. Man sieht dann, wie sich die Scheidenfortsätze d (Fig 221) in den Zweig hineinbegeben und dieser zu gleicher Zeit die Nervenprimitivfasern c, die durch das Ganglion gegangen, in sich aufnimmt. Mit vielem Vortheile bedient man sich zur deutlicheren Darstellung der letzteren der Anwendung einer schwachen Auflösung von kaustischem Kali.

Fig. 220.

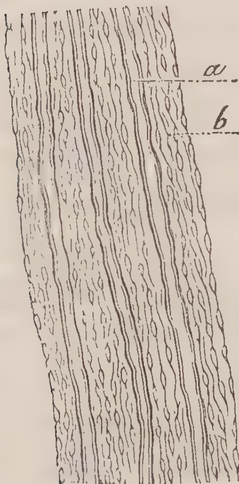
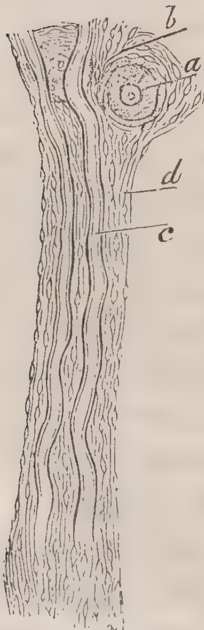


Fig. 221.



Liegt das Ganglion in der Nähe einer Faserhaut, so gehen viele Scheidenfortsätze zu ihr hinüber, um sich, wie es scheint, an sie anzuheften. Man sieht dieses z. B. an dem Jugularknoten der Zungenschlundkopfnerven sehr deutlich. Das Gleiche findet auch wahrscheinlich an vielen Gefäßstämmen Statt.

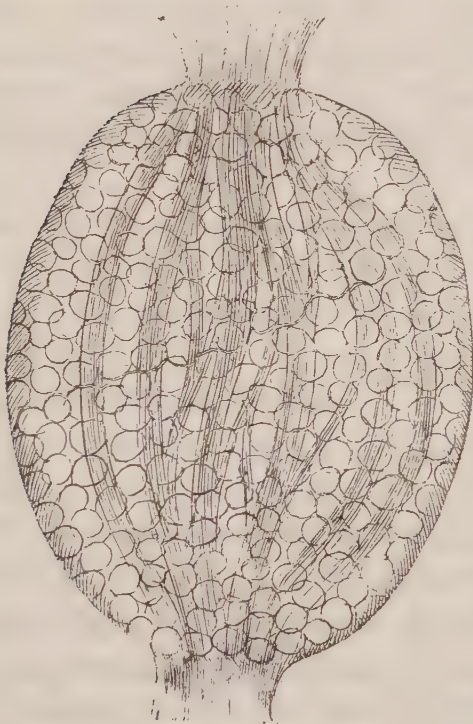
1430 Früherhin hielt man diese Scheidenfortsätze, welche zuerst von Remak genauer beschrieben worden, für eigenthümliche Nervengebilde, die aus den Ganglien entspringen und nannte sie daher organische Nervenfasern. Sie sollten sich mit den ächten Cerebrospinalfasern vermischen und gewissermaßen für die Ganglien dasselbe sein, was jene für Hirn und Rückenmark dar-

stellen. Fortgesetzte Untersuchungen führten aber zu der jetzt allgemein angenommenen Ueberzeugung, daß diese Elemente keine Nervenfasern, sondern mit einem jungen Zellgewebe- oder Fasercylindergewebe isomorphe Gebilde seien.

Da nun aber die Nervenfasern, welche ein Ganglion durchsetzen, von 1431
den eben erörterten Scheidenfortsätzen bei ihrem Austritte begleitet werden, so ergiebt sich von selbst, daß die Summe der aus einem Nervenknoten abgehenden Zweige größer als die Gesammtheit der Wurzelfäden sein müsse. Denn wenn sich auch bisweilen Scheidenfortsätze in diese hineinbegeben, so ist doch ihre Menge nie so bedeutend als diejenige, welche den Austrittsästen folgt.

Die Zahl der Scheidenfortsätze oder, wie man sie auch nannte, der 1432
gelatinösen oder Remak'schen Fasern, welche einen Nervenzweig begleiten, scheint von dem Baue des Ganglion wesentlich abzuhängen. Ein Theil der Nervenfasern tritt nämlich immer durch einen Knoten bündelweise durch, während sich andere Primitivfasern einzeln oder zu wenigen an einander gelegt, zwischen den Ganglienkugeln hindurchwinden. Man belegt die ersteren mit dem Namen der durchgehenden, die letzteren mit dem der umspinnenden Primitivfasern. Findet nun eine reichliche Zersplitterung der Nervenbündel innerhalb des Ganglion Statt, bilden diese zwischen den Nervenkörpern reichliche Geflechte und drängen sie sich zwischen allen Ganglienkugelnhaufen hindurch, so ist auch die Menge der gelatinösen Fasern größer. Die hervortretenden Zweige erscheinen daher grauer und weicher. Wir haben z. B. diesen Fall an den Zweigen des Knoten des sympathischen Nerven, des Sonnengeflechtes, des Ganglion tympanicum glossopharyngei u. dgl. Tritt dagegen eine verhältnißmäßig beträchtliche Menge von Nervenfasern durch ein Ganglion auf einfachere Weise durch, so erscheint der unterhalb desselben hervorkommende Stamm weißer. Dieses findet sich z. B. an den Aesten des dreigetheilten Nerven jenseit des Gasser'schen Knotens, den Stämmen des Glossopharyngeus und Vagus unterhalb ihrer Jugularknoten, den untersten Wurzeln des sympathischen Nerven, vielen Nerven des Mastdarmes und der Geschlechtstheile u. dgl. Etwas Aehnliches zeigen, wie es scheint, die Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven. Sie besitzen nämlich die in Fig. 222 aus dem vierten Halsnerven der Katze dargestellte Eigenthümlichkeit, daß sich ihre Nervenfaserbündel in ein centrales Geflecht auflösen, in dessen Maschenräumen Ganglienkugeln liegen, während eine peripherische verhältnißmäßig dicke Umhül-

Fig. 222.



lungslage aus bloßen Nervenkörpern vorzugsweise besteht. Die Zahl der gelatinösen Fasern, die immer noch in bedeutender Menge vorhanden sind, entspricht hier nicht, so weit sich die Sache beurtheilen läßt, der bedeutenden Menge der vorhandenen Nervenkörper. Die hinteren Wurzeln erscheinen daher weißer und fester. Noch mehr ist dieses natürlich bei den Rückenmarksstämmen, welche überdies die vorderen nicht gangliösen Wurzelbündel aufgenommen haben, der Fall.

Oft gehen aus einem Knoten graue Zweige ab, die sich in einen weißen Nerven einsenken. Diese von Retzius und Joh. Müller beschriebene Thatsache läßt sich an den meisten Hirnnerven leicht wahrnehmen.

1433 Die gelatinösen Fasern folgen nicht den ihnen benachbarten Primitivfasern bis zu deren peripherischem Ende. So grau z. B. die Zweige der Plexus solaris, mesenterici, aortici u. dgl. sind, so erscheinen doch wiederum die Intestinalnerven des Gekröses weiß. Das Gleiche gilt von den Ciliarnerven, wenn sie ins Auge getreten, sehr vielen Nervenzweigen der männlichen Geschlechtstheile, die vorher durch Ganglien hindurchgegangen, u. dgl. mehr. So grau auch die Herzgeflechte und deren Zweige, die sich in das Herz einsenken, sein mögen, so weiß stellen sich die Nervenfasern, die man dicht unter dem Endocardium bei dem Schafe z. B. wahrnimmt, dar. Nur bei den Gefäßen und den einzelnen Eingeweiden dringen sie, wie es scheint, auch in das Innere ein.

1434 Alle bisher erläuterten mikroskopischen Studien bekräftigen die schon früher erwähnte Ansicht, daß der sympathische Nerv keine besonderen nur ihm zukommenden Structureigenthümlichkeiten besitzt, sondern daß die auffallenden Erscheinungen, welche an ihm und seinen Zweigen bemerkt werden, von seiner häufigen Ganglienbildung herrühren, in gleicher Weise aber auch von den Knoten aller übrigen Körpernerven hervorgerufen werden können. Dieses deutet schon darauf hin, daß nicht sowohl von einer Selbstständigkeit des Sympathicus oder des sympathischen Nervensystemes, als von einer solchen der Ganglien frageweise die Rede sein kann. Wir müssen daher zugleich schon hier die Verhältnisse der letzteren im Allgemeinen aufzufassen suchen.

1435 Die meisten Organe, welche vorzugsweise oder ausschließlich von Aesten des Sympathicus versorgt werden, bewegen sich nicht nur ohne besonderen Befehl unseres Willens, sondern können sogar nicht von diesem direct influencirt werden. Eben so wenig aber als ihre motorischen Veränderungen mit unserem Wissen vor sich gehen, gelangen auch die normalen und mäßigen Tasteindrücke, welche ihre freien Oberflächen treffen, zu unserem Bewußtsein. Keiner von uns kann z. B. die Bewegungen seines Herzens, Magens oder Darmes unmittelbar beherrschen oder fühlt die Reibung, welche das kreisende Blut oder die in dem Unterleibstheile des Nahrungsschlauches fortgeschobenen Speisereste veranlassen. Diese Thatsachen bildeten ein Hauptmotiv der früheren Annahme, daß der Sympathicus von Gehirn und Rückenmark unabhängig sei und ein selbstständiges System darstelle. Analysiren wir aber die Erscheinungen genauer, so fällt

wiederum jeder angebliche besondere Unterschied von anderen Hirn- oder Rückenmarksnerven hinweg.

1) Die automatischen Bewegungen sind kein bloßes Merkmal der von dem Sympathicus theilweise beherrschten Apparate, sondern kommen sogar Organen zu, die selbst keine durch Ganglienreichthum sich auszeichnende Nerven erhalten. Ich erinnere nur vor Allem an die Thätigkeit der Athemmuskeln, die fast durchgehends von einfachen Rückenmarksnerven und dem Accessorius abhängt.

2) Die Emancipation der Bewegungen von dem Einflusse des Willens und der mäßigen sensiblen Reize von dem Uebergange in das Bewußtsein findet sich eben so gut bei einzelnen Hirnnervenästen, welche durch Ganglien durchgegangen, als bei den Verzweigungen des Sympathicus. Wir wissen nichts von den Bewegungen unserer Regenbogenhaut, die doch die größte Menge sensibler und motorischer Fäden von den N. N. trigeminus und oculomotorius erhält, können sie nicht direct verändern und fühlen nicht die Reibung, welche die Dislocation der wässerigen Feuchtigkeit bei den Schwankungen des Sehloches veranlaßt. Obgleich der herumschweifende Nerv den größten Theil der Schleimhaut der Bronchien und der Speiseröhre versorgt, so verhalten sich diese Organe doch auf ähnliche Weise wie diejenigen Apparate, die von dem Sympathicus ausschließlich versehen werden. Die Thränendrüse, welche von dem dreigetheilten, die Mundspeicheldrüse, welche von diesem und dem Antlitznerven versehen werden, zeigen sich dem Pankreas, das seine Nerven von dem Sympathicus bezieht, vollkommen analog. Obgleich viele Gefäße ihre nervösen Fasern, wie sich aus den bei den einzelnen Hirn- und Rückenmarksnerven gelieferten Tabellen ergiebt, von Cerebrospinalzweigen erhalten, so ist doch nie bei ihnen von einer sensiblen selbstbewußten Empfindung oder einem unmittelbaren motorischen Einflusse die Rede.

Fassen wir also diese Verhältnisse richtiger und allgemeiner auf, so 1436
findet sich, daß sie vorzugsweise von zweierlei Momenten, von denen sich keines ausschließlich auf den Sympathicus bezieht, abhängen.

1) Manche Gewebtheile unseres Körpers sind immer den directen Einflüssen unseres Willens und unseres Bewußtseins entzogen. Hierher gehören die einfachen Muskelfasern, sie mögen wo sie wollen vorkommen (§. 697), die ihnen analogen und zum Theil gleichen Fasern der Mittelhaut der Drüsengänge, die Fasern der Blut- und Lymphgefäße, die contractilen Fasern der Lederhaut, der Schleimhäute u. dgl. mehr. Die Unmöglichkeit, alle diese Gebilde direct nach dem Einflusse unseres Willens zusammenzuziehen, kann nicht von der Beschaffenheit der Nerven abhängen. Denn der so empfindliche Trigeminus und der willkürlich bewegliche N. facialis erzeugen z. B. die Hauptzweige der Mundspeicheldrüsen, ohne daß sich an ihnen bis jetzt anatomische Conformationen, welche der bald zu erwähnenden zweiten Kategorie angehören, nachweisen ließen. In noch höherem Grade ist dieses bei den Brüsten der Fall, deren Nerven aus den N. N. supraclaviculares, thoracici anteriores und den vorderen Aesten des zweiten bis vierten oder ersten bis fünften Brustwirbelnerven stammen.

2) Wie es scheint, ist eine jede Primitivfaser von der Herrschaft des Willens und des Bewußtseins um so eher befreit, eine je größere Menge von Ganglien sie bei ihrer peripherischen Verbreitung durchlaufen, je stärker sie sich zwischen Ganglienkugeln hindurchgewunden hat und je mehr sie von Scheidenfortsätzen derselben begleitet worden ist. Daß ein einmaliger Durchgang durch einen Nervenknoten weder der Pünktlichkeit der selbstbewußten Empfindung, noch der durch den Willen ausgeführten Bewegung schade, lehren z. B. die sensiblen Aeste des Trigeminus mit ihrem Gasser'schen, die motorischen des Facialis mit ihrem Knieganglion, viele der gemischten Zweige des Vagus mit ihrem Jugularknoten und endlich die sämmtlichen empfindenden Aeste des Rückenmarksnerven mit den Spinalganglien ihrer hinteren Wurzeln. So wie sich aber die Beziehung zu den Ganglien wiederholt, werden die Perceptionen dumpfer oder gänzlich aufgehoben, während die Willensregungen immer mehr in den Hintergrund treten. Daß wiederum diese Eigenthümlichkeiten bei den zahlreichen Knotenbildungen des Sympathicus ihr Maximum erreichen, ergiebt sich von selbst. Allein auch hier erscheint keine besondere Prärogative dieses Nervenstammes, die nicht von der relativen Menge seiner Ganglien und der Scheidenfortsätze seiner Zweige herrührte.

1437 Die Hemmung der Empfindung, welche sich auf diese Weise als eine Folge der Ganglienbildung kund giebt, ist keine absolute. Denn starke und ungewohnte Reize werden nicht nur wahrgenommen, sondern erregen sogar verhältnißmäßig sehr bedeutende Schmerzen. Dieses lehren nicht nur die intensiven quälenden Empfindungen, welche bei vielen Krankheiten im Innern des Auges, des Herzens, der Lungen, des gesammten Nahrungskanales, der Leber, der Nieren, der Harnblase, der Gebärmutter u. dgl. vorkommen, sondern auch directe physiologische Versuche.

1438 Sehr graue und weiche Zweige, die sich vorher in hohem Grade an Ganglien betheiligt haben, können ohne besondere Schmerzensäußerungen verletzt werden. Man ist auf diese Art z. B. im Stande, die Aeste, welche aus dem Ganglion cervicale supremum des Kaninchen hervortreten, zu durchschneiden oder den größten Theil des Knotens selbst zu verletzen, ohne daß das Thier irgendwie reagirt. Legt man aber den Knoten bloß und trennt nur die Halsnervenwurzeln desselben, so schreit das Thier, wenn es nicht vorher durch die übrigen Theile der Operation zu apathisch geworden, oder zuckt wenigstens mit dem ganzen Körper. Drückt man einen Ast des Sonnengeflechtes bei dem Hunde oder dem Kaninchen zusammen, so erhält man oft keine sensible Wirkung. Oeffnet man aber schnell den Unterleib oder die eine Seite der Brusthöhle und greift den Plexus solaris oder den Grenzstrang des Sympathicus an, so fehlt bisweilen im Anfange die Schmerzensreaction. Sie tritt jedoch fast immer ein, wenn die nervösen Theile einige Zeit an der Luft gelegen haben, und wird nicht selten so heftig, daß die Thiere laut aufschreien. Afficirt man aber z. B. die Ursprungswurzeln des Brusttheiles des Grenzstranges von Kaninchen, so schreien die Thiere so laut und intensiv, wie wenn man einen vordern Ast eines Rückenmarksnerven selbst verletzt.

Wiederholte Versuche von Florens, Brachet und mir führten im 1439
Ganzen, was die Einzelnheiten betrifft, zu folgenden Endresultaten [1]):

1) Sehr graue Zweige, die sich bei ihrem Verlaufe an vielen Ganglien betheiligt haben, rufen keine Schmerzen nach leichteren Angriffen, zu denen selbst eine rasche Durchschneidung oder ein mit keiner Zerrung verbundener Druck gehören, hervor. Stärkere Irritamente dagegen, wie z. B. die Unterbindung oder die Anwendung leicht löslicher Aetzmittel bedingen auch hier schon eine deutliche sensible Reaction. Aus diesem Grunde beobachteten Joh. Müller und Peipers [2]) so wie ich heftige Schmerzensregungen bei Unterbindung der Nierennerven von Kaninchen oder Schaafen. Schnürt man um die Pfortader der ersteren eine Ligatur, so zucken sie in manchen Fällen heftig zusammen.

2) Der Anspruch der Ganglien selbst zeigt sich bisweilen auf der Stelle schmerzhaft. Fast immer aber erfolgt die Reaction, wenn sie eine Zeit lang der Luft ausgesetzt waren und sich zum Theil mit mehr Blut gefüllt hatten. Dieses gilt vorzugsweise von den Knoten des Grenzstranges des Sympathicus in der Brust- und Bauchhöhle. Die Schmerzen entstehen um so eher und fallen um so heftiger aus, je mehr die Stimmung der Ganglien gesteigert worden.

3) Die die Ganglien des Grenzstranges verbindenden Bündel besitzen häufig eine sehr deutliche Sensibilität und verhalten sich überhaupt ähnlich wie die Knoten selbst.

4) Die aus einem Knoten austretenden Zweige sind im Allgemeinen sensibler als die eintretenden. Endlich

5) erscheinen die Ursprungswurzeln des Ganglienstranges des Sympathicus meistentheils eben so sensibel als die vorderen Aeste der ihnen benachbarten Rückenmarksnerven. Nur richtet sich natürlich die Größe des Schmerzes nach der Menge der in ihnen enthaltenen empfindenden Fasern.

Die Leitung der sensibeln Elemente, welche in dem Sympathicus 1440
(und anderen ganglιösen Nerven) vorhanden sind, gehorcht den gewöhnlichen Gesetzen der Fortpflanzung des Nervenagens. Dieses erhellt aus folgenden an Kaninchen angestellten Versuchen:

1) Durchschneidet man das Halsmark des Thieres vollständig, so fehlen alle Schmerzensäußerungen nach Reizung des Grenzstranges des Sympathicus oder der Ursprungswurzeln desselben. Eben so bleibt auch dann der Anspruch der sensibeln Fasern der Rückenmarkswurzeln in dieser Hinsicht unbeantwortet.

2) Um fernere Versuche anzustellen, öffnet man bei Kaninchen entweder den unteren Theil der einen Seite der Brusthöhle, so daß nicht die andere Lunge außer Thätigkeit gesetzt und die Athmung aufgehoben wird, oder man macht bei ihnen und Hunden die Bauchhöhle frei. Wir können uns dann leicht überzeugen, daß der Grenzstrang selbst mit seinen Ganglien, so wie die aus ihnen hervortretenden Aeste unter den oben ange-

---

[1]) De functionibus nervorum p. 70.

[2]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 670.

führten Verhältnissen sehr sensibel sind. Durchschneidet man aber den oberen Theil des Ganglienstranges und die Ursprungswurzeln eines Ganglion, so verursacht die Reizung des letzteren so wie der aus ihm hervorgehenden Zweige, so viel ich bis jetzt sah, keine Schmerzen. Ein tiefer liegender Knoten kann sich aber noch ganz sensibel darstellen. Dagegen hebt die bloße Durchschneidung des Grenzstranges oder der Ursprungswurzeln die Empfindlichkeit nicht gänzlich auf. Eben so wenig wirkt die Trennung des Grenzstranges auf die oberhalb der Verletzungsstelle liegenden Ganglien in merklicher Weise ein. Wir werden in der Folge sehen, daß diese Resultate eine nothwendige Folge des Verlaufes der Nervenfasern in dem Sympathicus darstellen.

1441 Daß der Grenzstrang desselben motorische Fasern enthalte, läßt sich eben so bestimmt nachweisen. Legt man z. B. das Ganglion cervicale supremum N. sympathici eines Kaninchens bloß, so verändert sich die Pupille auf keine außerordentliche Weise. So wie man dagegen diesen Nervenknoten exstirpirt hat, verkleinert sich nicht nur das Sehloch, sondern nimmt auch eine länglich runde, etwas verzerrte Form an und behält sie auch später gänzlich oder bis kurz vor dem Tode bei. Die näheren Verhältnisse dieser Thatsache werden uns später ausführlich beschäftigen.

Die übrigen motorischen Eigenschaften des Grenzstranges und der von ihm ausgehenden Verzweigungen lassen sich am besten an frisch getödteten Thieren ermitteln. Da die Reizbarkeit der Säugethiere rasch verschwindet, so muß man hier, wenn man zu positiven Ergebnissen gelangen will, die Zahl der Versuche bedeutend vervielfältigen, unmittelbar nach dem Tode experimentiren und sich besonders vor dem schädlichen Einflusse der niederen Temperatur bewahren. Die Beobachtungen gelingen am leichtesten am Herzen und den Eingeweiden des Unterleibes und des Beckens, mit Ausnahme des Magens. Betrachten wir aber die Verhältnisse den von den Sympathicusästen beherrschten Organen nach, so erhalten wir folgende Uebersicht.

1442 1) Gefäßsystem. — Da die Bewegungen des Herzens längere Zeit nach dem Tode anhalten und oft ohne äußere sichtliche Anregung von Neuem beginnen, so bleiben viele Versuche, welche man in dieser Beziehung anstellt, zweifelhaft. Ein sicheres Urtheil gewähren auch hier nur Verstärkungen des Herzschlages oder örtliche wellenförmige Zuckungen der Kammern. Mechanische Reizung der Herzgeflechte des Hundes oder eines der R. cardiaci des Pferdes bringen nicht selten positive Erfolge letzterer Art hervor. Eben so bemerkte ich eine Wiederbelebung des Herzschlages von Kaninchen nach dem Anspruche des untersten Halsknotens des Sympathicus. Der des ersten Brustganglion rief bei ihm und dem Hunde in Einzelfällen leichte Zuckungen der oberflächlichen Muskeln der Herzkammern hervor.

Zweifelhafter bleiben die Untersuchungen, welche rücksichtlich der Contractilität der großen Gefäßstämme angestellt worden. Die Brustaorta und der Milchbrustgang des Pferdes scheinen sich zwar bisweilen nach mechanischer Reizung der Brustganglien oder Betupfen derselben mit

kaustischem Kali, die untere Hohlvene nach gleicher Behandlung des Bauchtheiles des Sympathicus allmälig zusammenzuziehen. Da jedoch häufig dieselben Wirkungen in Folge der Entleerung der eingeschlossenen Flüssigkeiten und des Einflusses der Atmosphäre zu Stande kommen, so liefern sogar die günstigsten Resultate der Art keine definitiven Beweise.

2) Nahrungscanal. — Wie es scheint, hat schon der Halstheil 1443
des Sympathicus einen motorischen Einfluß auf den Anfang des Nahrungsschlauches. Denn ich sah bei dem Kaninchen nach Reizung jenes Nerven, der hier isolirt am Halse verläuft, Bewegungen in der Mittelparthie des Oesophagus entstehen. Sind Vagus und Sympathicus, wie bei dem Pferde und dem Hunde, am Halse mit einander verschmolzen, so entstehen natürlich sehr heftige Reactionen im Schlunde und der Speiseröhre nach dem Anspruche dieses gemeinschaftlichen Stammes. Einzelne Stellen des Brusttheiles des Oesophagus bewegen sich nicht sehr selten nach dem Angriffe der etwas höher als sie gelegenen Brustganglien oder des obersten Halsknotens und immer nach Irritation der Plexus oesophagei. In manchen Ausnahmsfällen erscheinen auch dann Zusammenziehungen des Magens, die jedoch vielleicht nur secundärer Natur sind. Sie fehlen aber, so viel ich bis jetzt sah, nach Reizung des Plexus solaris.

Was die übrigen Theile des Nahrungscanales betrifft, so ist natürlich bei allen Versuchen zu berücksichtigen, daß vorzüglich die dünnen Gedärme nach Oeffnung der Bauchhöhle durch den Reiz der atmosphärischen Luft oder die geringste Erschütterung in Bewegung gerathen. Diese Empfänglichkeit kann sogar bedeutend länger als die Irritabilität der Nerven anhalten. Man muß daher nur solche Thiere benutzen, deren Dünndarm stillsteht, oder einzig und allein sehr auffallende und unzweifelhafte örtliche Verstärkungen der Peristaltik als positive Resultate betrachten. Das System der dicken Gedärme giebt meist in dieser Hinsicht schärfere Resultate, weil es einerseits seltener durch den bloßen Reiz der Luft in Bewegung geräth und die vollständig gelingenden Folgen der Nervenwirkung so heftige Contractionen anregen, daß sie sogleich in die Augen fallen und sich von den erwähnten automatischen Erscheinungen deutlich unterscheiden.

Reizt man den Plexus solaris und mesentericus superior von Kaninchen, so erzeugt oder vergrößert sich die peristaltische Zusammenziehung der dünnen Gedärme. Zu demselben Resultate führte der chemische Anspruch der R. R. splanchnici major und minor in einzelnen Fällen der Art. Während aber hier vorzüglich der Zwölffingerdarm und der obere Theil des Leerdarmes zu antworten schien, zog sich bei dem Pferde der quere und zum Theil der absteigende Grimmdarm energisch zusammen. Eben so kann man kraftvolle Dünndarmbewegungen durch starken chemischen oder galvanischen Anspruch der mittleren und unteren Parthie des Brust- und der oberen des Lendentheiles des Grenzstranges des Sympathicus erhalten. Die Reizung des Lenden- und Sacraltheiles wirkt oft sehr energisch auf den Blinddarm, die einzelnen Theile des Dickdarmes und den Mastdarm.

Die Gallenblase konnte bis jetzt von keinem Theile des sympathischen Nerven aus zu irgend lebhaften Contractionen bei dem Hunde oder Ka-

ninchen veranlaßt werden. Dagegen sahen Gerber und ich ein Mal bei dem Pferde, welches bekanntlich keine Gallenblase besitzt, daß sich der Ductus choledochus nach Reizung des R. splanchnicus major der rechten Seite langsam, aber peristaltisch von der Leber nach dem Zwölffingerdarm hin zusammenzog.

1444 3) Harnwerkzeuge. — Man erhält nicht selten bei sehr reizbaren Thieren nach dem Anspruche der Bauchknoten des Sympathicus sehr energische Contractionen des Harnleiters, die sich peristaltisch gleich einer schnell dahin laufenden Welle von der Niere nach der Harnblase fortpflanzen. Diese Beobachtungen lassen sich an Kaninchen mit vieler Evidenz anstellen. Was die Harnblase betrifft, so zieht sie sich zwar auch häufig nach Oeffnung der Bauchhöhle durch den Reiz der Luft zusammen, so daß sich der in ihr angesammelte Urin von selbst entleert. Allein einerseits fehlt diese Erscheinung in vielen Fällen und anderseits sind die durch den Sympathicus angeregten Contractionen derselben so stürmisch, daß man hier nur selten in Betreff des Resultates in Zweifel bleiben kann. Spricht man den unteren Lenden- und den oberen Sacraltheil des sympathischen Nerven an, so zeigen sich bei dem Kaninchen, dem Pferde, dem Hunde und der Katze energische Bewegungen der Blase, welche sich sowohl in ihrem Längendurchmesser, als in ihren schiefen Dimensionen verkleinert. Das letzte (siebente) Lenden- und das erste Sacralganglion schienen bei Kaninchen am heftigsten und zwar zunächst auf den Blasenscheitel zu wirken. Die Bewegung begann in der Regel an derjenigen Seite, welcher die gereizten Nerven angehörten. Sie pflanzte sich jedoch bald auf das ganze Organ fort.

1445 4) Geschlechtstheile. — Hier dienen am besten Kaninchen oder Meerschweinchen, welche sich in der Brunst befinden. Dagegen bleiben die Resultate bei sehr jungen Thieren oder selbst älteren, die man außerhalb der Begattungszeit vornimmt, meistentheils negativ. Das Vas deferens geräth dann bei den ersteren Geschöpfen in die heftigste wellenförmige Peristaltik nach Reizung der beiden untersten Lendenknoten mit oder ohne Betheiligung des ersten Sacralganglion. Das Gleiche erfolgt an den Samenblasen des Meerschweinchens, wenn man den unteren Lumbar- und den oberen Sacraltheil des Sympathicus anspricht. Ich habe hier in Einzelfällen so kraftvolle Wirkungen wahrgenommen, daß der Same und der Inhalt der Samenblasen zur Harnröhrenöffnung des männlichen Gliedes in nicht unbedeutender Menge hervorgepreßt wurden.

Der untere Lenden- und der Sacraltheil des Grenzstranges ruft auch oft lebhafte peristaltische Bewegungen der Tuben hervor. Sie beginnen dann an dem Eierstocksende und pflanzen sich wellen- oder wurmförmig nach der Gebärmutter hin und zum Theil in sie hinein fort. Diese Versuche gelingen besonders gut bei Kaninchen (Meerschweinchen) und Pferden. Wie es mir schien, beantwortete der Uterus der zuerst genannten Thiere die Nervenreize ungefähr in der Mitte der Schwangerschaft um vieles träger als im leeren Zustande.

Resumiren wir aber wiederum die Bewegungsbezirke der einzelnen Parthieen und Zweige des Grenzstranges des Sympathicus, so erhalten wir folgende Tabelle:

Theil des Sympathicus.	Motorischer Bezirk.	Theil des Sympathicus.	Motorischer Bezirk.
Ganglion cervicale supremum.	Iris. (Pharynx.)	R. R. splanchnici.	(Magen??) Duodenum und oberer Theil des Jejunum. (Querer Grimmdarm und Ductus choledochus des Pferdes.)
Halstheil des Grenzstranges.	Herz. (Speiseröhre.)	Plexus coeliacus und mesentericus superior.	Dünne Gedärme.
Ganglion cervicale infimum.	Herz. (Speiseröhre.)	Lenden- und Heiligbeintheil des Grenzstranges.	Untere Parthie der dünnen Gedärme. Blinddarm. Colon. Mastdarm.
R. R. cardiaci und Plexus cardiaci.	Herz.	Mittlerer und unterer Lendentheil des Grenzstranges.	Harnleiter.
Ganglion thoracicum primum.	Herz.	Unterer Lenden- und oberer Sacraltheil des Grenzstranges.	Harnblase. Mastdarm. Vas deferens. Tuben und Uterus.
Plexus oesophagei.	Speiseröhre. (Magen?)		
Brusttheil des Grenzstranges.	Dünne Gedärme. (Große Gefäße?)		

Es läßt sich an diesen motorischen Zweigen leicht nachweisen, daß jede Unterbrechung derselben der Fortgang der Leitung aufhebt. Hat man z. B. die splanchnischen Nerven, welche zu dem Sonnengeflechte treten, an einer Seite durchschnitten, so bewirkt die Reizung des mittleren Brusttheiles des entsprechenden Grenzstranges keine energische Peristaltik der dünnen Gedärme mehr, während sie nach dem Anspruche der Brustganglien der anderen Seite oder des Plexus solaris selbst erfolgt. Eben so gelingen alle diese Versuche im Allgemeinen um so leichter, je weniger die Primitivfasern durch Ganglien hindurchgegangen oder je näher sie sich ihrem peripherischen Ende befinden. 1446

Unterliegt es aber hiernach keinem Zweifel, daß der Grenzstrang und die Zweige des sympathischen Nerven nebst deren Ganglien sensible und motorische Nervenfasern führen, so bleibt noch die Frage, woher diese stammen, zu erörtern. Die älteren Forscher des siebenzehnten und achtzehnten Jahrhunderts faßten in dieser Beziehung die Verhältnisse des Sympathicus in einfachster Weise auf. Sie betrachteten die Verbindungen desselben mit dem Trigeminus und Abducens und anderen Gehirnnerven als dessen Gehirnursprung, ließen ihn dann nach dem Halse der Brust- und dem Unterleibe herabsteigen und hierbei Anastomosen der Rückenmarksnerven aufnehmen. Diese Anschauung des Sympathicus als eines Cerebrospinalnerven findet sich z. B. schon bei Willis [1]) und wurde auch 1447

[1]) Th. Willis Opera medica et physica. Lugduni, 1676. 4. p. 374.

von Haller mit gewohnter Klarheit entwickelt [1]). Als Petit die Verkleinerung der Pupille von Hunden nach der hohen Durchschneidung des mit dem Vagus zum Theil verschmolzenen Halstheiles des Sympathicus bemerkt hatte, benutzte er diese Thatsache nur zu dem Schlusse, daß auch Fasern von der Cervicalparthie des Sympathicus nach dem Kopfe emporsteigen, keineswegs aber zu Beweisen der Selbstständigkeit des sympathischen Nerven. Diese letztere Hypothese wurde erst zu Ende vorigen Jahrhunderts specieller aufgestellt. Da die meisten Zweige desselben Organe versorgen, deren gewöhnliche Eindrücke nicht zum Bewußtsein gelangen, auf deren Bewegungen unser Wille keinen Einfluß hat und die vorzüglich vegetative Thätigkeiten vermitteln, so dachte man sich den Sympathicus als ein vom Gehirn und Rückenmark unabhängiges Nervensystem, welches vorzüglich die Ernährungserscheinungen leite. Man stellte sich die Ganglien desselben als kleine isolirte Gehirne vor und hatte so ein materielles Substrat für die erwähnten Emancipationserscheinungen. Da aber Geflechte, welche von dem Sympathicus allein ausgehen oder an denen sich Zweige desselben betheiligen, die meisten größeren Gefäßstämme des Kopfes, des Halses, der Brust- und der Bauchhöhle begleiten und umspinnen, so glaubte man hierin einen vorzüglichen Beweis für den eigenthümlichen oder ausschließlichen Ernährungseinfluß desselben zu finden.

1448 Forscht man nach irgend entscheidenden Thatsachen, welche diese von Bichat und Reil angeregten und von der nachfolgenden praktischen Medicin mit Begierde aufgegriffenen Ideen erhärten sollten, so wird man kein einziges Factum, welches den Charakter eines exacten naturwissenschaftlichen Beweises anzusprechen das Recht hätte, als Motiv dieser Hypothese vorfinden. Man behalf sich nur im besten Falle mit Folgerungen, deren Basis nichts weniger als fest war. Man beobachtete z. B. Mißgeburten ohne Hirn und Rückenmark, die mit einem Sympathicus versehen waren, und entnahm hieraus, daß dieser die Vegetation leite, weil ausgebildete Organe des Embryo vorhanden waren. Allein wer hatte bewiesen oder kann es jetzt noch darthun, daß die embryonale Entwickelung der Theile des Fötus an Nervenbedingungen der Art geknüpft ist? Und abgesehen hiervon, wie sollte der Sympathicus, der so gut als gar keine Aeste in die Extremitäten sendet, im Stande sein, die Bildungsverhältnisse derselben zu leiten?

1449 Verfolgt man überhaupt diese Vorstellungen genauer, so sieht man, daß sie weder klaren Begriffen, noch den speciellen Verhältnissen der Neurologie entsprechen. Wenn sich auch die vorzüglichsten vegetativen Organe in der Brust- und Bauchhöhle concentriren, so findet doch am Ende die Vegetation an allen Punkten des Körpers, wo Capillaren und ein Wechsel der Materie existiren, Statt. Wäre aber der Sympathicus der ausschließlich vegetative Nerv, so müßten wenigstens seine Zweige alle Arterien gleich denen des Kopfes und Halses begleiten. Allein abgesehen davon,

[1]) Haller Opera minora Vol. I. p. 510. Elementa physiologiae. Tomus IV. Lausannae, 1762. 4. p. 254.

daß dieses an den Schlagadern der Extremitäten nicht der Fall ist und sie vielmehr von gewöhnlichen benachbarten Cerebrospinalnerven den größten Theil ihrer Nervenfasern erhalten, empfangen selbst die Arterien des Kopfes, des Halses und der Brust sehr viele Reiser von einfachen Hirnnervenzweigen. Die Absonderungsorgane, vorzüglich die secernirenden Drüsen, gehören doch gewiß vor allen zu den vegetativen Apparaten, und doch erhalten die Thränendrüse, die Mundspeicheldrüsen, die Brüste den bei weitem größten Theil ihrer Primitivfasern von Hirn- und Rückenmarksnerven. Der Sympathicus ist daher weder ausschließlicher Vasomotorius, wie man ihn wiederum in neuerer Zeit nennen wollte, noch einziger vegetativer Nervenstamm.

Halten wir uns aber auch nur an die Hauptenährungsapparate, 1450
welche in der Brust- und Bauchhöhle liegen, so wird eine sehr bedeutende Parthie derselben nicht bloß von dem Sympathicus, sondern auch von Cerebrospinalnerven versorgt. Ich erinnere nur an die zahlreichen Aeste des Vagus, welche sich zu dem Herzen, den Lungen, der Speiseröhre und dem Magen, die reichlichen Zweige des vorderen Astes der dritten und vierten Kreuzbeinnerven für die Harnblase, den Mastdarm, die Vorsteherdrüse, die Samenblasen, die Scheide und die Gebärmutter, an die des N. pudendus communis des Schaam- oder Hüftgeflechtes für die beiden zuletzt genannten Organe und die cavernösen Körper des Penis und der Clitoris u. dgl. mehr. Streng genommen werden nur die Organe der eigentlichen Bauchhöhle von dem Sympathicus fast ausschließlich versorgt. Dagegen haben wir in der Brust, (dem Magen) und den meisten Beckenorganen Mischungen, welche die erwähnte Theorie nur zu sehr in den Hintergrund gestellt hat. Bedenken wir aber endlich noch, daß einzig und allein die Häufigkeit der Ganglienbildung den sympathischen Nerven auszeichnet und sich zwischen seinen Nervenknoten und denen anderer Cerebrospinalnerven kein wesentlicher anatomischer Grundunterschied auffinden läßt, so können wir schon aus dem Bisherigen entnehmen, daß jene Hypothese von der Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystemes mit keiner empfehlenden logischen Consequenz durchgeführt zu werden vermag. Indem man dieses wohl fühlte, suchte man auch die Annahme dahin zu erweitern, daß man alle Ganglien und nicht bloß die des Sympathicus als die Substrate der Entstehung eigenthümlicher Nervenfasern oder besonderer Kräfte betrachtete.

Die nähere Prüfung dieser Streitfrage kann aber auf zweierlei We- 1451
gen, auf anatomischem oder physiologischem, Statt finden. Die erstere Untersuchungsweise ist deshalb unerläßlich, weil die physiologischen Thatsachen, wie wir sehen werden, keine definitiven Folgerungen ohne sichere anatomische Basis gestatten.

Alle Ganglien der verschiedenen Hirn- uns Rückenmarksnerven em- 1452
pfangen und entlassen so viele Cerebrospinalfasern, daß sich zahlreiche Bündel derselben schon mit freiem Auge oder unter schwächeren Lupen, geschweige denn mit dem Mikroskope verfolgen lassen. Das Gleiche ist mit den Knoten des Grenzstranges des Sympathicus der Fall. Sie neh-

men bekanntlich immer Verbindungsfäden aus den benachbarten Rückenmarksnerven in sich auf und stehen hierdurch mit den hinteren sowohl, als den vorderen Rückenmarksnerven in Zusammenhang. Der Typus, nach welchem dieses geschieht, läßt sich z. B. gut an der beifolgenden Zeichnung, welche nach dem zehnten Brustknoten des linken sympathischen Nerven der Katze entworfen ist, erkennen. aa ist der oberhalb des Ganglion gelegene in zwei Hauptbündel gesonderte Theil des Grenzstranges, bb die unterhalb des Knotens befindliche Parthie desselben. c und d sind die beiden Verbindungsfäden mit den entsprechenden Rückenmarksnerven. Wir sehen nun, daß der Haupttheil der Fasern von aa an der Innenseite des Ganglion hinabgeht, um weiter in b und den ferneren Parthieen des Grenzstranges zu verlaufen. Fast alle Fasern des Ursprungsstranges c begeben sich nach unten zu b hin, um ferner peripherisch fortzugehen. Die von d dagegen bilden innerhalb des Knotens mannichfache Geflechte. Ihre größte Menge verläuft ebenfalls nach unten, und nur eine unverhältnißmäßig kleine Parthie nach oben. Alle Fasern, welche das Ganglion auf diese Art bündelweise durchsetzen, heißen, wie schon erwähnt wurde, durchtretende. Außer ihnen bemerkt man noch zahlreiche vereinzelte, welche sich zwischen den Ganglienkugelhaufen hindurch winden und die z. Thl. in Fig. 223 durch einfache Linien angedeutet sind. Man belegt sie mit dem Namen der umspinnenden Primitivfasern. Bricht man nun die Wirbelsäule vorsichtig auf und verfolgt den Theil des Ursprungsfadens c oder d, welcher von der nicht gangliösen motorischen Wurzel des entsprechenden Rückenmarksnerven stammt, so sieht man, daß seine Nervenbündel den Knoten durchsetzen und in der ferneren Parthie des Grenzstranges, weniger dagegen in einen unmittelbaren peripherischen Zweig desselben eintreten. Hieraus ergiebt sich, daß Fasern selbst von den nicht gangliösen Wurzeltheilen der Rückenmarksnerven in den Sympathicus eintreten und in ihm und seinen Verzweigungen weiter verlaufen. Es kann hiernach nicht im Ernste daran gezweifelt werden, daß sich ächte Cerebrospinalfasern in den Zweigen der Ganglien oder des Grenzstranges des Sympathicus, wie in den Knoten der Hirn- und Rückenmarksnerven vorfinden.

Fig. 223.



1453 Erinnern wir uns aber, daß die Majorität der durchtretenden Nervenfaserbündel nicht sogleich in peripherische Zweige des Grenzstranges eintritt, sondern vorher diesen letzteren und seine ferneren Knotenbildungen durchläuft, so muß sich ihre peripherische Endverbreitung in einer gewissen Entfernung von der Ursprungsstelle aus den Rückenmarksnerven befinden. Man nennt diese Norm das Gesetz des Fortschrittes (Lex pro-

gressus). Wenn z. B. auf diese Weise Fasern des obersten Halsknotens des Sympathicus zur Iris gehen, so liegt natürlich das entfernte periphe-rische Ende bei dem Menschen über und bei den vierfüßigen Thieren vor der Ursprungsstelle. Häufiger dagegen befindet es sich, wie es auch die Natur der Sache zum Theil ergiebt, unter oder hinter derselben. Hieraus folgt, daß die Richtung, in welcher die Fasern nach dieser oder jener Seite streichen, von untergeordneter Bedeutung ist und am wenigsten als ein Widerlegungsmoment des Fortschrittgesetzes, wie Bidder und Volkmann glaubten [1]), angesehen werden kann.

Diese Erscheinung bildet aber keine Eigenthümlichkeit des Sympathi- 1454
cus, sondern nur eine Analogie mehr, die er mit den einfachen Cerebro-spinalnerven darbietet. Denn auch sie begeben sich häufig mit ihren Verzweigungen zu entfernten Organen, die zum Theil höher, meistens aber tiefer als die Ursprungsstelle liegen. Abstrahirt man selbst von den Nerven der Extremitäten, so liefern uns hierfür die N. N. trigeminus, facialis, vagus, accessorius, phrenicus, die R. R. supraclaviculares, ileo-hypogastricus, ileo-inguinalis und sehr viele andere deutliche Belege. Die ursprüngliche Embryonalentwickelung bildet wahrscheinlich ein Hauptmoment aller solcher Einrichtungen. Erinnern wir uns z. B., daß die Brusthöhle oder der Hals am Anfange gänzlich fehlen, daß das Herz z. B. unmittelbar hinter dem Kopfe und der Magen dicht hinter diesem liegt, so müssen sich auch die einmal für diese Organe angelegten Nervenäste ausziehen, so wie jene weiter nach hinten (oder vorn) zurückweichen.

Unterliegt es aber keinem Zweifel, daß ächte Cerebrospinalnerven in 1455
den Grenzstrang des Sympathicus wie in alle anderen Knotenbildungen eintreten und mit ihren grauen Verzweigungen ausstrahlen, so wäre es noch denkbar, daß nicht alle in ihm enthaltenen wahren Nervenfasern einen Cerebrospinalursprung besäßen, sondern ein Theil derselben in den Ganglien entstände und sich mit jenen Cerebrospinalfasern verbände. Da natürlich eine solche Hypothese ein Unterstützungsmittel der die Selbstständigkeit des Gangliensystemes vertretenden Ansicht bildet, so haben sich auch verschiedene Forscher bemüht, diesen Punkt durch angeblich richtige Beobachtungen zu erhärten. Man glaubte hierbei vorzüglich, in den Volumensverhältnissen der Ursprungs- und Austrittszweige eine Basis der Deduction gefunden zu haben.

Vergleicht man nämlich die Summe der Aeste, welche in den Grenzstrang des Sympathiens durch die Ursprungswurzeln von dem (Gehirn und) Rückenmark eintreten, mit der Gesammtheit derjenigen, welche von ihm abgehen, so ist die letztere größer als die erstere. Hieraus ergiebt sich zwar, daß in den Ganglien neue Elemente hinzutreten müssen, nicht aber, daß dieses Nervenfasern seien. Erinnern wir uns nämlich, daß sehr zahlreiche Scheidenfortsätze der Hüllen der Nervenkörper von den

---

[1]) F. H. Bidder und A. W. Volkmann die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Untersuchungen nachgewiesen. Leipzig, 1842. 4. S. 47.

Ganglienkugeln ausgehen und die Nerven begleiten, daß diese die ächten Nervenfasern umgeben und das graue Ansehen derselben bedingen, so muß nothwendig das Volumen der austretenden Aeste größer ausfallen. Diese Existenz von Scheidenfortsätzen oder Remak'schen Fasern bildet ein allgemeines Gesetz für alle Wirbelthiere. Sie finden sich bei dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln eben so gut als bei den Amphibien und Fischen. Nur haben sie bei den Fröschen und einzelnen Fischen eine einfachere Form und eine geringere Faserzersplitterung und können daher leicht, wenn man sich nicht vorsieht, mit ächten Nervenfasern, wie dieses z. B. von Bidder und Volkmann geschah, verwechselt werden. Je specieller man aber die Ganglien studirt, um so mehr überzeugt man sich, daß allgemein nur ein= und austretende Cerebrospinalfasern, Nervenkörper, Hüllen und Scheidenfortsätze derselben in den Knoten existiren und uns keine Thatsache berechtigt, in ihnen einen wahren Nervenursprung bei irgend einem Wirbelthiere anzunehmen.

Das Bemühen, die Entstehung ächter Nervenfasern in den Ganglien durch die mikroskopischen Beobachtungen nachzuweisen, änderte sich nach den Fortschritten der allgemeinen Anatomie. Als man im Anfange die Scheidenfortsätze oder die gelatinösen Fasern durch Remak genauer kennen lernte, glaubte man in ihnen die eigenthümlichen wahren Nervenfasern der Ganglien des Menschen und der beiden höheren Klassen der Wirbelthiere nachgewiesen zu haben. Spätere Erfahrungen lehrten aber, daß diese Elemente kein einziges Merkmal von Nervenfasern darbieten, mit den Ganglienkugeln selbst in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehen und nur von den Hüllgebilden derselben entspringen. Nachdem daher diese Idee der Beweisführung aufgegeben worden, bemühten sich Bidder und Volkmann in ihrer §. 1453 angeführten Abhandlung, dieselbe Hypothese auf anderem Wege zu erhärten, und stützten sich hierbei auf die Specialverhältnisse des Sympathicus der Frösche. Eine in dem Repertorium Bd. VIII. S. 96—138 gegebene Analyse ihrer Mittheilungen führte aber zu dem Endresultate, daß manche dieser Beobachtungen auf Irrthümern und viele Schlüsse auf keiner festen logischen Basis beruhen. Indem ich wegen der Details auf die genannte Kritik verweisen muß, kann ich hier nur einige der Hauptpunkte der Angaben dieser Forscher anführen.

1) Bekanntlich zeigt die Majorität der ächten Nervenfasern, welche durch Ganglien durchgehen, die Eigenthümlichkeit, daß sie verhältnißmäßig geringe Querdurchmesser besitzen. Bidder und Volkmann nehmen nun an, daß es zwei Klassen von Nervenfasern, breite und schmale, gebe und beide von einander gesondert seien. Die schmalen gehörten dem sensiblen und sympathischen, die breiten vorzugsweise dem motorischen Systeme an. Finden daher die Verf. in einem Nerven dünne Fasern, so sind sie sympathische, während die dicken Cerebrospinalfasern darstellen sollen. Zuvörderst ist nun aber der Ausdruck sympathische Fasern an und für sich nicht annehmbar. Denn nach den Verf. selbst sollen die dünnen Fasern in allen Ganglien, z. B. auch in den Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven entspringen. Sie bildeten daher, wenn alles Andere richtig wäre, keine Eigenthümlichkeit des sympathischen Nerven, sondern der Ganglien überhaupt. Eben so wenig lassen sich aber die beiden Klassen der dünnen und der dicken Fasern halten. Denn nach dem Geständnisse der Verfasser existiren Uebergangsfasern zwischen beiden. Es ist mithin die genaue Einzelbeurtheilung aller Phantasie, d. h. dem Gegentheil jeder sicheren Forschung, frei gestellt. Noch weniger ist es endlich gerechtfertigt, wenn man jeden beliebigen Nerven untersucht und nun alle feinen Fasern für sympathische erklärt. Abgesehen von dem Willkührlichen dieses Verfahrens, habe ich an dem angeführten Orte gezeigt, daß die Breitendurchmesser überhaupt etwas Precäres sind, und an einer und derselben Faser wechseln, daß die breiteste Faser nach einem Verlaufe von wenigen Linien durch eine örtlich unmerkliche Verschmälerung zu einer sympathischen werden könnte, daß dieses z. B. in der That bei den Endgeflechten vieler Muskelnerven der Fall ist und man sich daher hier auf dem schwankendsten Boden befindet. Endlich verfallen die Verfasser durch dieses ihr Bemühen in logische Irrthü=

mer. Indem die meisten Hauptnerven, z. B. die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, eine große Zahl dünner Fasern führen, indentificiren sie Sensibilität und sympathischen Charakter. Allein sollten der Sympathicus und die übrigen Ganglien die unbewußt tastenden und die nur unwillkührlich beweglichen Organe, wie das Herz, die Baucheingeweide beherrschen, so müßten sie eben so gut motorische, als sensible Fasern besitzen, denn die Hemmungskraft der Ganglien erstreckt sich eben so gut auf jene wie auf diese. Soll er dagegen die Ernährungserscheinungen beherrschen, so gehören auch hierzu, wie wir bald sehen werden, verschiedenartige Fasern. Jene Identificirung der sensiblen und trophischen Verhältnisse ist eine der zahlreichen Unklarheiten von Begriffen, welche die früher allgemeine Annahme der Selbstständigkeit des Sympathicus sanctionirt hat.

2) Die vorzüglichste Irrung von Bidder und Volkmann liegt in der unrichtigen Darstellung der Elemente des sympathischen Nerven des Frosches. Betrachtet man nämlich einen Knoten desselben, so sieht man, daß die Striche, welche die Fasern des Ursprungsstranges anzudeuten scheinen, theils nach dem Kopfe, theils nach deu Hinterende des Körpers verlaufen, wie dieses schon zum Theil auch in Fig. 223 aus der Katze angedeutet ist. Bidder und Volkmann nannten die ersteren centrale und die letzteren peripherische, indem sie voraussetzten, daß jene aus dem Ganglion nach dem Rückenmarksnerven und nur diese aus den letzteren nach den Zweigen des Sympathicus hinübergehen. Allein abgesehen von allen anderen bald zu erwähnenden Momenten liegt schon hierin eine nicht begründete Folgerung, indem die sogenannten centralen Fasern eben so gut in dem Grenzstrange emporsteigen und in höheren peripherischen Zweigen des Sympathicus ausstrahlen könnten. Sie fanden durch ganz richtige Messungen, daß die Masse jener centralen Fasern in dem gesammten Sympathicus größer sei, als die der peripherischen. Folglich könnten diese nicht durch jene gedeckt werden, und es müßte ein Theil der Fasern, welche sich peripherisch verbreiten, in dem Sympathicus entspringen. Denn die gelatinösen Fasern seien bei dem Frosche wenig oder gar nicht ausgebildet und alle in ihm wahrnehmbaren Elemente stellten wahre sympathische, und zwar ächte Nervenfasern dar.

Fig. 224.



Fig. 225.



Eine genauere mikroskopische Untersuchung lehrt, daß sich die Sache anders verhält. Zerfasert man einen Körpernerven, z. B. den N. ischiadicus, so sieht man Primitivfaser neben Primitivfaser. Die meisten von ihnen sind noch an frischen Präparaten hell und gleichförmig; einzelne dagegen zeigen schon, wie es a Fig. 224 andeutet, eine theilweise Gerinnung des Nerveninhaltes. Zerlegt man dagegen ein Bündel des Grenzstranges des Frosches, so erhält man in der Regel Anschauungen, wie sie uns Fig. 225 typisch darstellt. Man sieht einzelne gewöhnliche Cerebrospinalfasern a und b, welche, wenn sie freiliegen, ihren gewöhnlichen öligten, durch Wasser und andere Einwirkungen leicht veränderlichen Inhalt darbieten. Zwischen und neben ihnen liegt eine heterogene Faserformation ccc. Einzelne Elemente dd zeigen auf den ersten Blick knotige Anschwellungen, und Bidder und Volkmann haben sich auch hierdurch verleiten lassen, sie als ächte Nervenfasern, welche leicht Varicositäten bilden sollen, anzusehen. Eine genauere Prüfung mit stärkeren Vergrößerungen lehrt aber, daß sie dieses nicht sind. Sie führen keinen öligten Inhalt, verändern sich nicht wie dieses durch Wasser und andere Reagentien, sondern sind platte Bänder, die sich, wo sie frei sind, leicht umlegen und hierdurch scheinbare Varicositäten bilden, weil sie abwechselnd ihre schmale Kante und ihre breiten Flächen darbieten. Ganz der gleiche Fall tritt auch bei den platten Faserzellen, welche der vollständigen Entwickelung des Zellgewebes und anderer Elemente des Embryo vorangehen, ein. Verfolgt man aber dann die Verhältnisse genauer, so sieht man, daß die Remak'schen Fasern im Sympathicus des Frosches nicht nur nicht fehlen, sondern eben so stark als bei den höheren Thieren ausgebildet sind. Der einzige Unterschied ist nur der, daß sie bei den letzteren in feine Fäden zerfallen und zahlreiche Kerne auf sich haben, während

Fig. 226. Fig. 227.





die Zerfaserung und Kernbildung bei dem Frosche geringer ist. Sehr leicht gelingt es, Ganglienkugeln zu isoliren und die in Fig. 226 dargestellte Ansicht zu erhalten. Der mit seinem Kerne und Kernkörperchen versehene Nervenkörper liegt in einer peripherischen Scheide a eingekapselt, während von ihr ein Scheidenfortsatz b ausgeht. Spaltet man ein Faserbündel mit zwei Staarnadeln, so sieht man bisweilen, wie vereinzelte ächte Nervenfasern a Fig. 227 von Remak'schen Fasern eingehüllt worden und daher ohne Spaltung dieser Umgebungselemente unsichtbar sind. Diese Thatsachen lassen sich aber eben so leicht an den Ursprungssträngen, wie in dem Grenzstrange und nicht minder an den sogenannten centralen, wie den peripherischen Bündeln derselben beobachten. Die Dimensionsverhältnisse aller dieser Gebilde geben daher eben so wenig ein Kriterium, als bei den höheren Thieren ab. So oft man auch die Ganglien zerfasert — und ich habe beinahe 4 Wochen lang den ganzen Tag über die des Frosches studirt — nie findet man die geringste Spur eines Ursprunges einer ächten Nervenfaser in einem Knoten. Auch Bidder und Volkmann geben nicht an, daß sie etwas der Art gesehen haben. Man erschließt ihn aber bald, wenn man die oben erwähnten platten und scheinbar varicösen Bänder nach dem ersten Anschauen mit ächten Nervenfasern verwechselt. Ueber die Detailsunterschiede beider siehe Repertorium Bd. VIII. S. 123 fgg.

1456 Weisen aber die anatomischen Studien bestimmt nach, daß Fasern der vorderen Nervenwurzeln durch den Grenzstrang des Sympathicus mit seiner Knotenbildung durchgehen und oft an entfernten Körperstellen ausstrahlen, so ist mit Recht zu hoffen, daß sich auch dieser Verlauf durch physiologische Versuche documentiren lasse. Erinnern wir uns jedoch an die Hemmungskraft der Ganglien und an die Thatsache, daß die Reizung der Nerven um so leichter Bewegungen bedingt, je näher sich die Angriffsstelle dem peripherischen Ende befindet, so können wir schon hiernach nur in den günstigsten Fällen positive Resultate erwarten. In der That muß man auch, um hier zu Resultaten zu gelangen, an Hunderten von Thieren Versuche anstellen und sich durch Dutzende von negativen Erfahrungen nicht im Geringsten irre machen lassen.

Die Experimente gelingen noch am leichtesten an den Baucheingeweiden und dem Herzen. Man tödtet zu diesem Zwecke junge Kaninchen, Hunde oder Katzen durch eine um die Luftröhre geschnürte Ligatur, theilt ihre Wirbelsäule in der Gegend der unteren Brustwirbel und geht nun nach Eröffnung der Brusthöhle mit dem in Fig. 215 c abgebildeten Neurotom so ein, daß man die vorderen Wurzeln oder die ganzen Ursprungsstellen der Lendennerven durchschneidet. Nicht selten entsteht sogleich eine heftige Peristaltik der dicken Gedärme und ein lebhaftes Stoßen des Mastdarmes, wie es nie durch den bloßen Luftreiz zu Stande kommt. Die Harnblase zieht sich bisweilen auf der Stelle mit solcher Energie zusammen, daß der Urin zur Harnröhre hervortritt. Die oben §. 1445 erwähnten Parthieen der Geschlechtstheile führen nur bei einzelnen sehr reizbaren Thieren zu positiven Resultaten.

Oefter dagegen mißlingen schon die Versuche an dem Hals- und Brusttheile. Läßt man sich darauf ein, die Wirbelsäule aufzubrechen und dann die Wurzeln zu durchschneiden und mit der Pincette oder chemisch zu reizen, so kann man befriedigt sein, wenn man unter 20 nur zu diesem Zwecke geopferten Thieren Ein positives Experiment erhält. Jedoch sind auch hier noch bei gehöriger Schnelligkeit Verstärkungen der Zusammenziehungen des Herzens und der dünnen Gedärme, örtliche Einschnürungen oder wellenförmige Bewegungen des Magens u. dgl. zu erzielen.

1457 Eine ausgedehnte Reihe von Versuchen lehrte, daß Reizung der Ursprungsstellen der Lendennerven die unteren Theile des Nahrungsschlauches

(den Harnleiter), die Harnblase, das Vas deferens (die Samenblasen), die Tuben und die Gebärmutter, die der Rückennerven den Dünndarm (und wahrscheinlich bei dem Schafe die Mägen und bei dem Pferde den queren Grimmdarm) in Bewegung setzt. Die vier untersten Halsnerven zeigten bisweilen einen Einfluß auf den Magen, so wie zum Theil auf die Speiseröhre, welche auch einzelne Fäden aus den oberen Halsnerven zu empfangen schien. Dieser Einfluß der Cervicalnerven auf die Speiseröhre wurde von Volkmann in Abrede gestellt. Ich muß aber bemerken, daß ich auch in neuerer Zeit wellige selbstständige Erzitterungen des Brusttheiles der Speiseröhre nach der Reizung der unteren Halsnerven des Kaninchens beobachtete.

Wie man leicht sieht, geben die Erfahrungen nur von den in dem Sympathicus absteigenden Wurzelfäden Rechenschaft. Was die nach dem Kopfe verlaufenden betrifft, so habe ich bis jetzt bloße Anzeichen derselben an dem Herzen beobachtet. Es erzeugten sich nämlich bei einer jungen Katze locale Zuckungen der Kammern, wenn ich die Ursprünge der mittleren Brustnerven nach Entfernung des Rückenmarkes mit einem in Salpetersäure getauchten Platinstiel reizte. Jedoch müssen künftige Erfahrungen in Betreff dieser Punkte, wie rücksichtlich der näheren Localisationsverhältnisse überhaupt specieller entscheiden.

In einzelnen Reizversuchen glaubte ich noch einen Einfluß des N. trigeminus und bei der Katze auch einen solchen des N. oculomotorius auf die Bewegungen des Zwölffingerdarmes und des oberen Theiles des Dünndarmes zu beobachten. Diese Experimente mißlingen aber in den bei weitem meisten Fällen. Nach Klencke[1]) soll sogar das Ganglion ciliare des Kaninchens auf den Zwölffingerdarm einwirken.

Die Wirkung der Wurzelfäden des Sympathicus giebt sich auch noch 1458
durch die Beziehungen des Ganglion cervicale supremum zu den Verhältnissen der Pupille deutlich zu erkennen. Wir haben schon früher (§. 1414) gesehen, daß die Durchschneidung des gemeinschaftlichen Halsstammes des Vagus und Sympathicus des Hundes, wie Petit zu Anfange des vorigen Jahrhunderts zuerst bemerkte, eine Verkleinerung der Pupille nach sich zieht. Sie erfolgte bei meinen Versuchen nicht unmittelbar nach der Trennung des Nervenstammes, sondern ungefähr eine Minute später, schritt aber dann sehr rasch bis zu ihrem Maximum vor und erhielt sich auf diesem Jahre lang, wenn keine Wiedererzeugung des Nerven Statt fand. Man kann daher vermuthlich mit Recht nach Arnold den Wiedereintritt der Normalverhältnisse der Pupille als ein äußeres Kennzeichen der Regeneration des Vagus und Sympathicus betrachten. Diese Starrheit des Sehloches erhält sich auch dann, wenn ein blendendes Licht ins Auge fällt oder die wässerige Feuchtigkeit abgezapft wird. Die letztere Operation bedingte aber bei einem Hunde, wo sich die Wiedererzeugung einleitete, eine geringe Erweiterung des kranken Sehloches.

Deutlicher nnd belehrender gestalten sich die Verhältnisse bei schwar-

---

[1]) H. Klencke Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie, Mykrologie und wissenschaftlichen Medicin. Bd. I. Leipzig, 1843. 8. S. 12.

zen oder halbschwarzen Kaninchen. Dringt man auf ähnliche Weise, wie dieses für die Durchschneidung des Glossopharyngeus angegeben worden, möglichst unblutig bis zu dem obersten Halsknoten des Sympathicus und dem zweiten Ganglion des Vagus vor[1]), so kann man sich leicht überzeugen, daß die bloße Verletzung der Stämme dieser Nerven gar nicht oder wenigstens inconstant auf die Pupille einwirkt. So wie man dagegen den zweiten Vagusknoten (das Analogon des Plexus ganglioformis des Menschen) ausgeschnitten, verkleinert sich das Sehloch, doch nicht in dem Grade wie bei Hunden, ändert immer seine runde Form in die länglichrunde um und wird vorzüglich an seinem oberen Rande oder seinem oberen und vorderen Theile winkelig oder geradlinigter begrenzt. Eben so erscheint es nach Exstirpation des obersten Halsknotens des Sympathicus kleiner, länglich und häufig mehr nach unten zu eckig. Diese Veränderungen lassen sich auch bisweilen an frisch getödteten Kaninchen durch Reizung der genannten Gebilde hervorrufen.

Legt man bei einem anderen Kaninchen des Ganglion cervicale supremum N. sympathici bloß und umschnürt die weichen Nerven desselben nebst der Hirncarotis mit einer Ligatur, so erfolgen die gleichen Veränderungen, wie nach der Exstirpation des genannten Knotens. Ich beobachtete ein schwarzes Kaninchen der Art zwei Monate lang. Die verkleinerte länglich runde, unten zugespitzte Pupille blieb die ganze Zeit über unverändert. Wurde die wässerige Feuchtigkeit abgezapft, so trat eine bedeutende Erweiterung des kranken Sehloches ein, während es sich sonst bei gesunden Augen in dem gleichen Falle verengert. Es stellte sich aber weder eine Röthung noch eine merkliche Vermehrung der Schleimabsonderung der Bindehaut ein. Beiderlei Symptome dagegen treten nach dem Ausschneiden des obersten Halsknotens des Sympathicus bei Hunden hervor (Dupuy, Magendie, v. Pommer, Reid). Ein Hund, dem ich den Vagus-Sympathicusstamm so hoch als möglich durchschnitten hatte, zeigte noch nach einigen Monaten eine so vermehrte Schleimabsonderung, daß fortwährend weißliche zähe Massen zum Auge heraustraten und sich im inneren Augenwinkel anhäuften. Zu gleicher Zeit scheint auch die Thränenabsonderung vergrößert zu sein. Häufig wird dann das dritte Augenlid auf eine auffallende Weise nach dem äußeren Augenwinkel zu vorgezogen.

Am entscheidendsten sind die Versuche, welche sich auf die bloße Trennung der entsprechenden Wurzelgebilde beziehen. Legte ich bei einem Kaninchen den zweiten Knoten des Vagus bloß und durchschnitt die Wurzelfäden, welche in seine Hinterseite eintreten, mit einer feinen Scheere, so wurde die Pupille kleiner; länglich und oben winkelig. Die Durchschneidung des Halsstammes des herumschweifenden Nerven unterhalb des genannten Ganglion hatte diesen Erfolg nicht. Eben so blieb die Pupille unverändert, wenn man den freien Halsstamm des Sympathicus trennte, erlitt aber die oben geschilderten Modificationen, sobald ich wieder die an

[1]) Die näheren Vorschriften für diese Operation s. de functionibus nervorum p. 110.

der äußeren und hinteren Seite desselben eintretenden Wurzelbündel verletzt hatte.

Diese Thatsachen lehren, daß die Regenbogenhaut des Auges ihre Primitivfasern nicht bloß von dem Oculomotorius und Trigeminus, sondern auch aus den obersten Halsnerven bezieht. Die letzteren Nerven treten in die Knoten des Vagus und Sympathicus ein, steigen in den weichen Nerven mit der Hirncarotis empor und gelangen von da wohl unzweifelhaft durch den Trigeminus, Abducens oder die Sympathicuswurzeln in den Augenknoten und die Ciliarnerven. Die oben erwähnten Detailversuche beweisen aber, daß diese Nervenfasern, obgleich sie durch die genannten Ganglien verlaufen, den wesentlichen Gesetzen der Leitung, gleich anderen Cerebrospinalfasern gehorchen. 1459

Die eben erläuterten Erscheinungen finden auch auf den Menschen, wie einzelne Krankheitsfälle lehren, ihre Anwendung. Nennen wir nämlich die bewegenden Fasern, welche aus den verschiedenen Hirnnerven zur Iris gelangen, die Cerebral-, diejenigen dagegen, welche aus den Halsnerven emporsteigen, die Spinalquelle derselben, so haben wir auch bei uns nach Lähmung der letzteren eine Verkleinerung der Pupille. Eben so ist bei einzelnen Kranken die entgegengesetzte Reaction das Sehloches beobachtet worden. Es erweiterte sich nämlich bei einfallendem hellen Lichte, statt sich zu verengen, und umgekehrt [1]).

Der Sympathicus bezieht mithin seine ächten Nervenfasern aus ein- 1460
zelnen Hirn- und den sämmtlichen Rückenmarksnerven, läßt sie durch seinen Grenzstrang und seine Knoten hindurchgehen und in seinen Zweigen peripherisch verlaufen und verhält sich auf diese Weise als ein Cerebrospinalnerv, der sich nur durch den Reichthum seiner verschiedenen Wurzelquellen von den anderen Hirn- und Rückenmarksnerven unterscheidet und durch die symmetrische Vertheilung und die Häufigkeit seiner Ganglien auszeichnet. Daß auch in diesen ächte Nervenfasern entspringen, wird durch die mikroskopische Untersuchung widerlegt. Wäre aber auch dieses der Fall, so könnte der Sympathicus kein gesondertes System ausmachen, weil die Structur seiner Ganglien nicht wesentlich von dem Baue derjenigen der übrigen Cerebrospinalnerven abweicht und höchstens eine Eigenthümlichkeit aller Ganglien unseres Körpers hieraus resultirte. Das tiefe Dunkel, welches die Thätigkeit des Sympathicus einhüllt, kehrt daher auch nicht minder in Betreff der übrigen Nervenknoten unseres Körpers wieder.

Function der Ganglien. — Dreierlei eigenthümliche Verhält- 1461
nisse vereinigen sich, um die wesentlichen Eigenthümlichkeiten dieser Theile des peripherischen Nervensystems zu bedingen. 1) Die eintretenden Nervenfasern bilden ein Geflecht. Es müssen daher hier dieselben uns noch unbekannten Vortheile, welche die Plexus der Nerven darbieten, zu Stande kommen. 2) Zwischen ihnen liegen die Nervenkörper, während 3) die Scheidenfortsätze derselben die ein- und austretenden Nervenfasern oder die letzteren allein eine Strecke weit, nicht aber längs ihres ganzen Verlaufes verbreiten. Bis jetzt war es nicht möglich, einen speciellen, den

[1]) De functionibus nervorum p. 113.

übrigen Gesetzen der Neurophysiologie entsprechenden Nutzen der Ganglienkugeln und der Scheidenfortsätze zu ermitteln. Es ist sogar noch nicht bekannt, auf welche Weise sie an den Nerven der höheren Thiere während ihres ferneren Verlaufes aufhören. Bei dem Frosche glaube ich in einem Falle mit Bestimmtheit gesehen zu haben, daß sie später umbiegen und zurückkehren [1]). Was aber die Paradoxie noch vermehrt, ist der Umstand, daß sie bisweilen nur an benachbarte Faserhäute, wie schon von den Jugularknoten des Zungenschlundkopfnerven angeführt worden, verlaufen und so zur bloßen Anheftung des Ganglion zu dienen scheinen. Ihre übrigen Verhältnisse deuten jedoch klar darauf hin, daß ihnen auch ein höherer Nutzen zukomme.

1462 Die unmittelbare Erfahrung lehrt, daß die Ganglien Hemmungsapparate für die Leitung mäßiger sensibler Reize und des Einflusses des Willens auf motorische Theile bilden. Da aber sehr starke Irritamente äußerst heftige sensible Wahrnehmungen, wie wir sahen, veranlassen können, so wird jene Aufhebung der Zuleitung der Schmerzensempfindung zu dem Selbstbewußtsein nur relativ. Dagegen ist selbst die größte Kraft des Willens außer Stande, die unwillkürlich beweglichen Eingeweide, wie das Herz, den Magen, die Gedärme u. dgl. zu beherrschen. Abstrahiren wir von diesen Thatsachen, deren wissenschaftliche Erklärung übrigens ebenfalls noch mangelt, so läßt sich keine andere Hypothese, welche rücksichtlich der Thätigkeit der Ganglien aufgestellt worden, definitiv beweisen.

1) Da die Ganglienkugeln eine so große Gestaltähnlichkeit mit den Elementen der grauen Substanz des centralen Nervensystemes darbieten, so hat es theoretisch sehr viel für sich, daß in den Ganglien eine ähnliche Uebertragung der Reize von einer Faser auf die andere, wie in dem Hirn- und Rückenmark Statt finde. Die bisherigen Erfahrungen aber scheinen eher gegen als für eine solche Ansicht zu sprechen. Zuvörderst zeigen uns die Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, daß in ihnen keine Mittheilung von einer sensiblen Faser auf eiue benachbarte Statt findet. Denn wäre dieses der Fall, so könnten wir nicht einen Nadelstich an einem Punkte empfinden: wir müßten ihn vielmehr an vielen zugleich wahrnehmen. Dasselbe gilt wahrscheinlich auch für die motorischen Fasern. Man hat zwar in dieser Beziehung als Gegenversuch angeführt, daß die Betupfung des Ganglion coeliacum mit einem zugespitzten Stückchen Höllenstein an jeder beliebigen Stelle an verschiedenen entfernten Punkten zugleich auftretende Bewegungen der dünnen Gedärme veranlaßt (Kürschner) [2]). Bedenkt man aber, daß sich die verschiedenartigsten Primitivfasern in dem Sonnenknoten unter einander verflechten und der sich leicht in der Ernährungsflüssigkeit desselben auflösende Höllenstein über die Rei-

---

[1]) Repertorium Bd. VIII. S. 125.

[2]) Marshall Hall's Abhandlungen über das Nervensystem. Aus dem Englischen mit Erläuterungen und Zusätzen von G. Kürschner. Marburg, 1840. 8. S. 182.

zungsstelle verbreitet, so wird man keine Beweiskraft irgend einer Art diesem Versuche zuschreiben können.

Eben so wenig existirt ein definitiver Beleg der Hypothese, daß sich auch in den Ganglien der Reiz einer sensiblen Faser, wie dieses in dem centralen Nervensysteme geschieht, auf eine motorische übertrage. Ein mit der Pincette gedrücktes Darmstück zieht sich zwar selbst nach der Zerstörung des Rückenmarkes zusammen. Allein dieses Resultat kommt auch zu Stande, wenn es dicht am Gekröse abgeschnitten worden und mithin an ihm keine Ganglien mehr, wenigstens nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen, vorhanden sind. Minder entscheidend ist die Fortdauer der Pulsation des völlig ausgeschnittenen Herzens, weil hier vielleicht noch nach den Beobachtungen von Remak mikroskopische Ganglien innerhalb desselben existiren. Volkmann[1]) führte zu verschiedenen Zeiten aus dem Frosche zwei Versuche an, von denen der eine gegen, der andere für die Reflexthätigkeit der Ganglien sprechen sollte. Allein beide gestatteten ebenfalls keine sicheren Schlußfolgerungen. Enthauptet man nämlich einen Frosch und reizt eine Stelle des Darmcanales, so verbreitet sich die dadurch erzeugte Bewegung über die Angriffsstelle hinaus. Sie bleibe dagegen nach Zerstörung des Rückenmarkes auf die Angriffsstelle und deren Nachbarschaft beschränkt. Wäre diese letztere Angabe richtig, so würde sie allerdings gegen die Reflexthätigkeit zeugen. Allein man kann häufig sehen, daß die weitere Verbreitung der Bewegungen nicht bloß nach Zermalmung des Rückenmarkes, sondern auch an völlig ausgeschnittenen Darmstücken erfolgt. (Vgl. §. 688.) Eben so wenig beweist ein anderer Versuch von Volkmann[2]) die Reflexthätigkeit der Ganglien. Brachte er nämlich eine Wachskugel in den Schlund eines Frosches, dem Gehirn und Rückenmark entfernt worden, so fand er sie nach einiger Zeit im Magen. Die Bewegung, welche so langsam vor sich ging, daß sie nicht mit freiem Auge verfolgt werden konnte, hing daher nach der Ansicht dieses Forschers von dem Sympathicus ab. Bedenkt man aber, daß die Richtung der Flimmerbewegung im Frosche von dem Munde nach dem Magen hingeht, so wird man sie eher und keine besondere Nerventhätigkeit als die Ursache jener so äußerst langsamen Fortbewegung der Kugel betrachten. Diese kann übrigens noch nach Zerstörung des centralen Nervensystemes die Muskelhaut örtlich durch Druck reizen und Einschnürungen in ihrer Nachbarschaft, die auch von Volkmann beobachtet worden, veranlassen.

Dagegen scheinen einzelne Erfahrungen, welche die Absonderungsorgane und die Blutgefäße darbieten, darauf hinzudeuten, daß allerdings Reflexerscheinungen in diesen und anderen contractilen Gebilden selbst nach der Trennung von dem centralen Nervensysteme möglich sind. Bestreicht man die ganz unempfindliche Bindehaut von Thieren, denen der dreigetheilte Nerv durchschnitten worden, mit dem Finger, so füllen sich nicht selten die Blutgefäße so stark, daß sich ganze Strecken der Conjunctiva röthen. Der Thränenfluß vermehrt sich zu gleicher Zeit in hohem Grade.

---

[1]) Müller's Archiv. 1838. S. 28. [2]) Müller's Archiv. 1841. S. 358.

Analoge Erscheinungen kehren auch bei dem Menschen wieder. Die Ganglienkugeln mit ihren Scheidenfortsätzen spielen vielleicht für diese Gewebe eine eigenthümliche, uns jedoch noch gänzlich unbekannte Rolle.

2) Eben so wenig läßt sich der Satz durchführen, daß die Ganglien eine durchaus nothwendige Beigabe der Blutgefäße oder der drüsigten Absonderungsorgane seien. Die ersteren und vorzüglich die Aorta mit ihren Hauptästen, die Pfortader, die Milz- und die Nierengefäße u. dgl. werden allerdings in der Brust- und der Bauchhöhle von zahlreichen gangliösen Geflechten umstrickt. Das Gleiche ist mit der gemeinschaftlichen und der Hirncarotis und deren Theilungen der Fall. Allein alle größeren Ganglienbildungen fehlen den Intercostalarterien, den epigastrischen Schlagadern und den Arterien der Extremitäten, während sich ihre Nerven dem freien Auge bald grau, bald rein weiß darstellen. Die vereinzelten Primitivfasern endlich, welche feinere Blutgefäße nicht selten begleiten, stimmen ihrem Ansehen nach mit gewöhnlichen Cerebrospinalfasern überein. Eben so haben zwar manche Drüsen, wie z. B. das Pankreas, die Nieren, nur graue Nerven mit Ganglien, während wieder andere, wie z. B. die Unterkiefer- und die Unterzungendrüse, mit besonderen Ganglien versehen sind. Allein die Thränendrüse und vorzüglich die Parotis, die Brustdrüse, die Meibomischen, die Ohrenschmalz- und die Hautdrüsen besitzen weder die eine noch die andere Nervenformation. Endlich finden sich in den serösen Häuten feine Cerebrospinalfasern, die mit keinen Nervenkörpern belegt sind.

1463 Andere Hypothesen, wie z. B. die, daß die Ganglienkugeln zur Ernährung oder zur Erkräftigung der Nervenfasern dienen, haben nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen keine hinreichende Erfahrungsgrundlage und stoßen schon auf die Schwierigkeit, daß die motorischen Bündel der Rückenmarksnerven, wenn sie nicht in den Sympathicus oder einzelne Hirnnerven eintreten, gar keine Ganglien durchsetzen.

1464 Wollen wir daher nicht dem Principe, nur das Factische zu berücksichtigen, untreu werden, so müssen wir offen gestehen, daß der gegenwärtige Stand der Physiologie und Pathologie den Nutzen der Ganglienkugeln und der Scheidenfortsätze derselben nicht einmal anzudeuten vermag. Dieses Bekenntniß ist jedenfalls besser, als die Annahme unrichtiger oder nicht basirter Hypothesen.

Es wird auch natürlich nicht unter diesen Verhältnissen möglich sein, das Geringste in Betreff der physiologischen Verhältnisse der an einzelnen Körpernerven ausnahmsweise vorkommenden Knoten oder der sogenannten wandelbaren Ganglien anzugeben. Diese Gebilde sind übrigens in den meisten Fällen gar nicht mikroskopisch untersucht worden, so daß noch vorläufig ihre Natur dahingestellt bleiben muß. Dasselbe gilt auch von den von Schiffner, Wutzer, Serres und Günsberg beschriebenen Leichen, in welchen die meisten Körpernerven Anschwellungen der Art darboten. Nur in dem hierher gehörenden Falle von Bischoff und Knoblauch fanden sich Scheidenfortsätze und sehr blasse, weiche und daher nicht isolirbare Ganglienkugeln. Siehe A. Knoblauch de Neuromate et Gangliis accessoriis veris, adjecto cujusvis generis casu novo atque insigni. Francofurti ad Moenum, 1843. 4. p. 30. 31.

1465 Einfluß des peripherischen Nervensystemes auf die Ernährungserscheinungen. — Vielfache Thatsachen beweisen deutlich,

daß die peripherischen Nerven einen wesentlichen Einfluß sowohl auf die Absonderungsorgane, als die Blutgefäße und die Ernährung der Theile überhaupt ausüben können. Allein so offen auch die hierher gehörenden Facta vor Augen liegen, so wenig läßt sich bis jetzt eine vollkommen genügende Theorie derselben liefern. Den besten Beleg hierfür bildet der Umstand, daß in manchen Fällen die Folgen, welche scheinbar dieselben Nervenstörungen ausüben, sehr verschiedenartig ausfallen und bald gleich Null sind, bald hingegen eine vollkommene Desorganisation der Theile bedingen.

Wir fanden früher, daß die peristaltischen Bewegungen einzelner 1466
Hauptausführungsgänge von Drüsen, wie des Gallen- und Samenganges, des Harnleiters von der Thätigkeit motorischer Nerven abhängen. Eben so veranlaßten sensible Reize Reflerbewegungen der Drüsencanäle. Wir können hieraus mit Recht folgern, daß die Innenhaut derselben sensible, die Mittelhaut motorische Fasern besitze, deren Wirkung von dem Bewußtsein unabhängig ist.

Versuchten wir den Verlauf dieser Nervenfasern näher zu bestimmen, so ließe sich der Analogie nach annehmen, daß die rein sensiblen Nervenstämme auch empfindende, die muskulomotorischen bewegende Fasern den Drüsengängen mittheilen. So ansprechend aber auch diese Vermuthung sein mag, so wenig läßt sie sich definitiv beweisen. Drüsen, wie die Leber, das Pankreas, die Nieren, die Hoden, die Prostata, die Brüste, die ihre Nervenfasern aus gemischten Zweigen beziehen, eignen sich natürlich zur Beurtheilung der Sache nicht. Dagegen empfängt die Parotis einerseits Reiser von den sensiblen Gesichtsästen des Trigeminus und anderseits von den motorischen des Facialis; die Unterkiefer- und Unterzungendrüse wird in gleicher Art von Zweigen des ersteren, so wie von solchen des N. N. facialis und hypoglossus versorgt. Hier scheint daher eine vollkommene Parallele mit den Nerven der Haut und den rothen Muskeln Statt zu finden. Anders dagegen gestalten sich z. B. die Verhältnisse der Thränendrüse. Sie bezieht bei Weitem die größte Zahl ihrer Nervenbündel aus dem R. ophthalmicus N. trigemini, der sich in seinen übrigen Verbreitungen als ein sensibler Nerv zu erkennen giebt. Ob er aber insofern gemischt ist, als er auch motorische Fasern der Thränendrüse zuführt, oder ob diese vom Oculomotorius kommen, bleibt dahingestellt. Die Zweige, welche die Meibomischen Drüsen, die Thränencarunkel, die Fettdrüsen der Haut und die Schleimdrüsen der inneren Membranen beherrschen, müßten in gleicher Weise gemischt sein.

Können wir aber theoretisch mit Recht annehmen, daß jede Drüse 1467
sensible und motorische Fasern besitzt, so nöthigt uns die Erfahrung, auch ihnen dieselbe Emancipation von dem Bewußtsein, die den Nerven des Darmes zukommt, zuzuschreiben. Die Reize, welche ihre centripetalen Primitivfasern oder die benachbarter Organe treffen, werden aufgenommen und veranlassen Bewegungen, ohne daß wir uns hierbei direct mit unserem Willen betheiligen. Auf diese Weise thränt z. B. unser Auge bei Affectionen der Bindehaut, läuft der Speichel im Munde zusammen,

wenn wir essen, wird Samen herausbefördert, sobald ein Geschlechtsreiz Statt findet. Da nun die Thränendrüse und die Mundspeicheldrüsen, die Brüste, die Hautdrüsen u. dgl. Nervenfasern empfangen, von denen ein großer Theil entweder durch gar keine oder durch verhältnißmäßig nicht zahlreiche Ganglienbildungen hindurchgegangen ist, so ließe sich hieraus vielleicht vermuthungsweise schließen, daß nicht sie allein, sondern auch die Beschaffenheit der peripherischen Gewebtheile und der Faserverlauf in dem centralen Nervensysteme jene Befreiung von den Einflüssen des selbstbewußten Ich bedingen. Auf gleiche Art können wir ja auch keinen einfachen Muskel willkürlich bewegen.

Indem man den Sympathicus oder das Gangliensystem als den besonderen Vermittler der vegetativen Processe betrachtete, suchte man diesem entsprechend die Absonderungsorgane seiner Herrschaft unterzuordnen. Man bemühte sich daher, feine aus Ganglien stammende Fäden in Drüsen, die sonst von weißen Nerven versorgt werden, zu verfolgen. Hierher gehören z. B. die Reiser, welche aus dem Augenknoten in die Thränendrüse, diejenigen, welche aus dem Ganglion linguale in die Unterkiefer- und Unterzungendrüse, von den weichen Nerven der benachbarten Gefäßstämme in die Parotis streichen. Da sich aber diese Fäden in Verhältniß zu der Zahl der weißen Nervenbündel der genannten Drüsen in einer bedeutenden Minderheit befinden, so widerstreitet es den bekannten Gesetzen der Nervenphysiologie, nur sie als die Leiter des Secretionsprocesses anzusehen und die anderen zahlreicheren Nervenfasern außer Acht zu lassen. Auch hier ist das Bekenntniß der Unwissenheit der ganzen Einrichtung besser, als die Annahme einer Hypothese, von deren Gründen wir doch keine Rechenschaft geben können.

1468 Die Nervenfasern einer Drüse können die Entfernung des Secretionsproductes durch Vermehrung der Contractilität der Drüsengänge beschleunigen und hierdurch die Absonderung selbst indirect vergrößern. Das Weinen nach Nerveneinflüssen, die bedeutendere Menge ausfließenden Speichels nach entsprechenden nervösen Anregungen, die vermehrte Gallenabsonderung, welche nach gewissen Hirnreizen, wie wir später sehen werden, erfolgt, die Verstärkung der Thränen- oder Speichelabsonderung nach chemischer Reizung der Bindehaut oder der Mundschleimhaut liefern unmittelbare Belege hierfür. Wie aber die letzteren Beispiele lehren, braucht keineswegs der veranlassende sensible Reiz die Drüse selbst, sondern nur ihre Nachbartheile, wenn sie mit ihr in inniger Beziehung stehen, zu treffen, um die erwähnten Erfolge hervorzurufen. Das auf solche Art vermehrte Secret scheint wässeriger, sonst dagegen nicht wesentlich verändert zu sein. Daß es aber, wenn ein galvanischer Strom als Irritament gebraucht worden, Zersetzungen darbieten müsse, versteht sich von selbst.

1469 Diese Einflüsse, welche die Nerven auf die Tonicität und Porosität der Drüsengänge und der Blutgefäße derselben möglicher Weise ausüben, werden noch tiefer eingreifen, weil dann die chemische Beschaffenheit des Absonderungsproductes anders ausfallen muß. Es können z. B. in solchen Fällen Proteinkörper, wie Eiweiß, die sonst in den Absonderungsflüssigkeiten mangeln, in ihnen auftreten. Das Nähere dieser Verhältnisse wurde schon §. 453 angeführt.

1470 Endlich wäre es noch denkbar, daß das Nervenfluidum selbst chemisch zersetzende Kräfte besitzt, ungefähr wie die Elektricität mit elektrolytischen Eigenschaften ausgestattet ist. Die einzige Erfahrung, die zu Gunsten dieser

Hypothese gedeutet werden könnte, ist die Thatsache, daß die Milch nach heftigen Gemüthsaufregungen der Mutter schädlich wirkt und bisweilen der Speichel sehr erzürnter Personen sehr giftig werden soll. Da jedoch selbst diese Metamorphosen der Secrete von einer Veränderung der Porosität der Drüsengänge und Blutgefäße und der Zuströmung des Blutes herrühren können, so läßt sich behaupten, daß kein einziges der bis jetzt bekannten Facta eine unmittelbare chemische Wirkung der Nerven mit Sicherheit anzeigt.

Die Absonderung der Thränen hört bei Thieren nicht auf, man möge den N. oculomotorius oder den N. trigeminus durchschnitten haben, und dauert auch noch fort, wenn selbst im letzteren Falle das Auge total erblindet oder gar ausgelaufen ist. Dagegen kommen einzelne Fälle von Unempfindlichkeit der Oberfläche des Bulbus des Menschen vor, in welchen die Bindehaut trüb und hornartig trocken wird und mithin die auf derselben sonst vorhandenen Flüssigkeiten größtentheils oder gänzlich fehlen. Eben so wurde schon früher angeführt, daß die Aussonderung des Mundspeichels bei einzelnen Lähmungen des Facialis vermindert sein soll.

Nach Durchschneidung der Vagi findet sich ein röthlicher Schaum, der bisweilen geradezu Blutstreifen enthält, in den Bronchien und den Lungenbläschen. Die emphysematische Ausdehnung und selbst die Ruptur der letzteren, welche in Einzelfällen beobachtet wird, kann nicht bloß eine Folge der Lähmung der Contractilität derselben, sondern auch der außerordentlichen Athmungsanstrengungen, welche nach der Operation eintreten, bilden. Die Schleimhaut zeigt sich zu gleicher Zeit nicht selten geröthet. Feinere Gefäße derselben sind stark ausgedehnt und mit stockendem Blute gefüllt. So wie jene oben erwähnte blutigschleimigte, mit vielen Luftblasen mechanisch imprägnirte Secretion in bedeutender Menge vorhanden ist, fehlt zugleich das Flimmerepithelium. Eben so scheint auch dann das Epithelium des Magens aufgelockerter zu sein. Es löst sich wenigstens sehr leicht los und hängt nicht selten, z. B. bei Kaninchen, in einzelnen schleimigten Lappen an der Außenfläche des großen Speiseballens, der in ihm enthalten ist. Daß die Absonderung eines saueren und mit den gewöhnlichen Auflösungskräften versehenen Magenschleimes fortdauert, haben wir früher schon gesehen.

Der Einfluß der Nerven auf die Thätigkeit der Leber wird dadurch bewiesen, daß Verletzungen des großen Gehirns und vorzüglich des Balkens und Gewölbes, wie wir in der Folge finden werden, die Gallenabsonderung vermehren und selbst bei Kaninchen galligtes Erbrechen und Durchfall hervorrufen. Aehnliche Folgen zeigen sich auch bekanntlich bei dem Menschen nach heftigen Gemüthsbewegungen. Eben so deuten die Erfahrungen der Pathologie darauf hin, daß eine krampfhafte Affection der Gallengänge den Austritt der Galle hemmt. Wenn aber ihre Excretion bei Kaninchen, deren Pfortader unterbunden oder nur momentan umschnürt worden, aufhört, so ist diese Erscheinung weit eher auf die Störung des Blutlaufes und die heftige Entzündung, als die unmittelbare Einwirkung der Nerven zu beziehen.

Die Nervenzweige, welche die Gefäße der Nieren begleiten und in diese eindringen, sind von verschiedenen Forschern durchschnitten oder in der Art angegriffen worden, daß man eine Ligatur fest herumschnürte und nach einiger Zeit wieder loslöste. Wenn aber die nach solchen Operationen zum Vorschein gekommenen Resultate nicht ganz übereinstimmend ausfielen, so dürfte die Verschiedenheit der Größe des nachfolgenden Entzündungsprocesses die wesentlichste Ursache dieser Abweichungen bilden. Brachet [1]) fand bei Hunden, denen er ein Stück der Nierenarterie und mithin auch die auf ihr verlaufenden Nerven ausgeschnitten und das Fehlende durch eine eingefügte Kanüle ersetzt hatte, daß die Secretion des Harnes fortdauerte, der gelieferte Urin aber blutig gefärbt erschien. Joh. Müller und Peipers [2]) schnürten die Nierengefäße zu, löſten dann

[1]) J. L. Brachet Récherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire et sur leur application à la pathologie. Deuxième édition. Paris, Lyon et Montpellier, 1837. 8. p. 322. 27.

[2]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 468.

wiederum die Ligatur und leiteten den durchschnittenen Ureter zur Bauchwunde heraus. Die Harnabsonderung stockte meistentheils, erhielt sich dagegen bei einem Schaafe. Der Urin war in dem letzteren Falle blutig und führte nach der Untersuchung von Wittstock Hippursäure. Constanter dagegen zeigte sich eine Erweichung des Nierengewebes. Ich fand die letztere Erscheinung weder bei dem Schaafe noch bei dem Kaninchen [1]), dagegen zeigt sich beständig, daß die Capillaren der Nieren stark ausgedehnt und mit Blut gefüllt sind. Das Organ erhält daher nicht selten eine blauschwarze Farbe und erscheint, wenn die Harnabsonderung stockte, derb und fest, wenn sie aber noch vor sich ging, weich und schlaff. Bisweilen concentrirt sich auch die Congestion auf einzelne Strecken des Nierengewebes, die selbst dann Blutertravasate darbieten, während andere blaß und weich sind. Hat man die Operation nur an einer Niere vorgenommen, so treten ähnliche Folgen wie nach der Erstirpation derselben hervor, d. h. die gesunde Niere sondert mehr ab, wird daher schwerer, und ihre Harnkanälchen zeigen durchschnittlich größere Durchmesser [2]). Dagegen beobachtete ich ebenfalls, daß die Ertödtung der Nierennerven die Bereitung eines blutigen und daher eiweißhaltigen Urins wenigstens bei Kaninchen zur Folge hat.

Die übrigen Drüsen gestatteten bis jetzt keine positiven Erfahrungen. Ist z. B. der N. ischiadicus bei dem Menschen durchschnitten worden, so zeigt sich wenigstens nach den bisherigen Beobachtungen keine besondere Veränderung der Hautschmiere.

1471 Der Einfluß der Nerven auf die Blutgefäße läßt sich noch nicht genau bestimmen. Daß ein solcher Statt finde, lehren nicht bloß die Erscheinung des Erröthens oder der Bläße des Gesichtes nach verschiedenen Gemüthsaffecten, sondern directe Erfahrungen, welche die Reizung der peripherischen Nerven selbst betreffen. Ein junger Mann z. B., der wie die nachfolgende Section bewies, an Caries des Keilbeinkörpers litt und einen Eiterheerd dicht neben der Durchtrittsstelle des dreigetheilten Nerven durch die harte Hirnhaut hatte, empfand von Zeit zu Zeit die heftigsten neuralgischen Schmerzen in der einen Gesichtshälfte. Die Haut der kranken Wange wurde dann auffallend roth, während die der gesunden blaß blieb. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich nicht selten in einzelnen Fällen von Gesichts- oder Zahnschmerzen. Eben so haben wir früher gesehen, daß sich die Aorta und die hintere Hohlvene des Pferdes nach Reizung der entsprechenden Nerven zusammenzuziehen scheinen, wiewohl natürlich Erfahrungen der Art, indem sie immer Zweifeln Raum lassen, keine definitive Beweiskraft besitzen. Die Capillaren von Theilen endlich, deren Nerven durchschnitten worden, haben häufig die Geneigtheit, sich zu erweitern und mehr Blut aufzunehmen. Die cavernösen Körper des Penis und vorzüglich der Eichel füllen sich zwar nach der Durchscheidung des Ruthennerven, welche die Steifung des Gliedes unmöglich macht, dergestalt mit Blut, daß diese Organe ein bedeutenderes Volumen erhalten und der Penis zum Theil von selbst aus dem Schlauche vorfällt (Günther) [3]). Allein diese Erfahrung ist insofern nicht ganz rein, als auch die einfachen Muskelfasern des cavernösen Gewebes durch die Operation gelähmt werden und auf das Resultat einwirken müssen.

Die zahlreichen Nerven, welche sich zu den Gefäßen begeben, entspringen wahrscheinlich immer aus sensiblen und motorischen Stämmen.

---

1) De functionibus nervorum p. 148—50. 2) Ebendaselbst p. 148.
3) J. H. Fr. Günther Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneikunde. Erste Lieferung. Hannover, 1837, 8. S. 64 fgg.

Sie gehören fast durchgehends am Halse, in der Brust- und der Bauchhöhle, so wie an den Extremitäten gemischten Zweigen an. Am Gesichte dagegen z. B. lassen sich Fäden des Trigeminus sowohl, als des Facialis zu jeder größeren Arterie oder Vene verfolgen. Auch hier kehren dieselben Verhältnisse wie bei den Drüsengängen wieder. Die sensiblen Zweige vermitteln keine bewußte Empfindung, die motorischen keine von dem Willen direct beherrschte Bewegung. Eben so wenig läßt sich behaupten, daß nicht auch im Uebrigen sensible Nervenwurzeln motorische Gefäßnervenfasern mit sich führen. Die später darzustellenden Folgen der Durchschneidung des R. ophthalmicus N. trigemini z. B. deuten sogar vielleicht auf ein solches Mischungsverhältniß hin. Daß aber den Blutgefäßen nur motorische und gar keine sensiblen Fasern zukommen, scheint eben so sehr der Analogie mit anderen Theilen als den an ihnen auftretenden Reflexerscheinungen zu widersprechen.

Ist der Hauptnerv eines Gliedes durchschnitten worden, so erleidet 1472
der Kreislauf keine Störung. Die Capillarcirculation des Froschfußes geht z. B. nach der Trennung des N. ischiadicus, des Hüftgeflechtes, der vorderen, der hinteren oder beider Wurzeln desselben ungestört vor sich. Nirgends giebt sich eine beständige und in die Augen fallende Erweiterung oder Verengerung der feinsten Blutgefäßnetze zu erkennen. Eben so wenig entsteht eine Störung der Circulation, sobald man die hinteren Nervenwurzeln der entsprechenden Extremität mechanisch oder chemisch reizt.

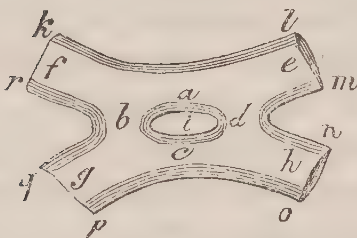
Wird das gelähmte Glied durch Einleitung galvanischer Ströme täg- 1473
lich geübt, so erhält sich der Kreislauf Wochen lang. Bleibt es dagegen sich selbst überlassen und mithin unthätig, so tritt auch eine locale Verzögerung oder Stockung der Capillarcirculation, so wie sich fernere bald zu betrachtende Desorganisationen vorbereiten, an einzelnen entsprechenden Stellen hervor. Das Blut hört in den feineren und dann auch in den größeren Gefäßen des Froschfußes zu fließen auf. Paralysirte Glieder, vorzüglich gänzlich gelähmte Füße des Menschen werden an einzelnen Punkten blauroth und zeigen nicht selten eine bedeutendere Erweiterung der Venen als im gesunden Zustande. Daß das Blut solcher Theile heller als sonst sein solle, weil es nicht mehr so vollständig in den Capillaren zur Ernährung diene, scheint mehr eine theoretische, an und für sich selbst nicht ganz begründete Folgerung, als eine durch die Erfahrung hinreichend bewährte Angabe zu sein. Diese Zeichen der Stockung des Blutes treten bei Veranlassungen, die sie auch im gesunden Zustande begünstigen, z. B. nach Einwirkung der Kälte, in ausgedehnterem Maaße hervor.

Die eben geschilderten Erscheinungen kehren jedoch nicht bei allen Nervenlähmungen ohne Unterschied wieder. Die Haut des Gesichtes von Menschen, deren dreigetheilter Antlitznerv gelähmt ist, erscheint blaß. Am Auge dagegen kann sowohl eine Paralyse des Trigeminus als eine solche des obersten Halsknotens des Sympathicus eine Ueberfüllung der Blutgefäße der Bindehaut veranlassen. Eben so färbt sich die Zunge nach Durchschneidung der R. R. linguales Trigemini oder Hypoglossi nicht selten mehr oder minder blau an ihrer Unterfläche oder ihren Rän-

dern. Die Capillaren der Luftröhren- und Lungenschleimhaut, nicht aber, wie es scheint, die der Innenhaut des Magens füllen sich mit mehr Blut, sobald die Vagi durchschnitten werden. Nach Ertödtung der Nierennerven tritt die gleiche Erscheinung in diesen harnbereitenden Organen ein. Sie kann jedoch schon hier einzig und allein durch die der Operation nothwendig folgende Entzündung veranlaßt werden.

Die Verengerung der Capillaren scheint auf den ersten Blick den Ausdruck der Reizung, ihre Erweiterung dagegen den der Paralyse ihrer Nerven darzustellen. Viele Forscher beziehen daher auch die Durchmesservergrößerung der feinsten Blutgefäßnetze, wie man sie z. B. bei Entzündungen wahrnimmt, auf eine Lähmung der entsprechenden Nerven. Diese Annahme ist jedoch nicht definitiv nachgewiesen. Denn erinnern wir uns, daß die Wandungen der Capillaren verhältnißmäßig starke Längenfasern, die von einem Gefäßnetze derselben auf das andere übergehen, besitzen, so kann auch die Erweiterung in Folge der übermäßigen Thätigkeit dieser Gebilde eintreten. Stellen wir uns die Sache schematisch dar, so sei a b c d ein Capillarnetzchen, welches sich in e f g h in benachbarte Gefäße fortsetzt. i sind die Längenfasern des innersten Maschenraumes, k l m n o p q r die der anderen Gefäßwandungen derselben, so muß jede hinreichend starke Verkürzung dieser Elemente eine Vergrößerung der Gefäßlumina a b c d bedingen. Dasselbe Resultat wird aber auch zu Stande kommen, wenn alle Faserelemente der Capillaren dergestalt geschwächt sind, daß sie dem Drucke das Blutes keinen hinreichenden Widerstand leisten oder umgekehrt die Herzkraft so bedeutend wird, daß sie die normale Resistenz von jenen bis auf einen gewissen Grad überwindet. Dieses Verhältniß, welches die Erweiterung der Capillaren mit der dadurch nothwendig bedingten langsameren Strömung des Blutes (§. 373), sowohl als Folge der zu großen als einer zu geringen Contractilität der Wandungen zu Stande kommen läßt, scheint es zu erklären, weshalb eine übermäßige Röthung einzelner Körperstellen nach den entgegengesetzten Bedingungen der Reizungszustände auftreten kann. Die Aufregung des Schreckens und der Furcht bedingt Erblassen, die der Schaam dagegen Erröthen. Schon in den ersten Stadien der Entzündung und der Fieberhitze zeigt sich Erweiterung der Capillaren eben so gut als in Folge anhaltender Lähmungen von Theilen, die nicht hinreichend geübt werden.

Fig. 228.



Es ergiebt sich aus den schon angeführten und den später noch zu erwähnenden Thatsachen von selbst, daß eine vollkommene Nervenlähmung das Zustandekommen von Ausschwitzungen als den Folgen verstärkter Ausscheidungen von Proteinkörpern und von Zerstörungen der paralytischen Theile eher begünstigt als hindert. Was die Entzündungserscheinungen betrifft, so treten sie mit keiner so großen Heftigkeit als in gesunden Organen auf [1]). Wunden haben eine größere Geneigtheit durch Exsudate zu verkleben oder rasch in Gangrän überzugehen, als profuse Eiterungen zu erzeugen. Hiervon ist natürlich eine mäßige Bildung wahren Eiters keineswegs ausgeschlossen.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt wahrscheinlich nicht bloß in den gelähmten Blutgefäßen, sondern auch in der Paralyse und dem Mangel an Uebung der übrigen Gebilde. Es wäre daher von Interesse, bei einem Säugethiere den Hüftnerven z. B. zu durchschneiden, dann eine Wunde im Fuße anzubringen und zu sehen, ob man nicht durch tägliche Galvanisation des gelähmten Gliedes eine erhöhte Entzündung und Eiterung hervorrufen kann.

1474 Nicht jede Nervenverletzung wird auch nothwendig von krankhaften Ernährungszuständen der entsprechenden Theile begleitet. Die Durchschneidung des Oculomotorius z. B. erregt trotz ihres bedeutenden Ein-

[1]) Siehe die Zusammenstellung fremder und eigener mit Nasse vorgenommener Untersuchungen in **R. Röchling De vi, quam Nervi exercent in inflammationem ejusque exitus. Bonnae, 1834. 8. p. 9 fgg. u. p. 36.**

flusses auf die Pupille weder eine Entzündung noch andere Nutritionsabweichungen der Regenbogenhaut, während diese immer die Trennung des Trigeminus begleiten. Hieraus folgt, daß der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv die Muskulatur, nicht aber die Blutgefäße der Iris versorgt oder daß die ihre Tonicität bedingenden Fasern in dem dreigetheilten Nerven verlaufen. Eben so hat nicht nothwendiger Weise die Lähmung der drei höheren Sinnesnerven, der Augenmuskelnerven, des Facialis, Glossopharyngeus, Accessorius und zum Theil des Vagus und Hypoglossus tiefere organische Störungen der ihnen entsprechenden Gebilde zur Folge.

Anders dagegen verhalten sich Verletzungen des Trigeminus und der einzelnen Rumpfnerven. Schon von vorn herein erzeugen sich hier nicht selten, doch bei Weitem nicht immer flüssige Ausschwitzungen, oder die Epithelialbildung geht rascher vor sich, so daß sich z. B. die Oberhaut leichter schuppt und mit Krusten bekleidet. Sucht man aber den zahlreichen und scheinbar so verschiedenartigen Erscheinungen, welche hier auftreten, eine allgemeinere Norm abzugewinnen, so kann sie dahin festgestellt werden, daß die gelähmten Organe, welche der freien Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt sind, ihre normale Widerstandskraft gegen diese und vorzüglich gegen die äußeren Einflüsse der Kälte und des Druckes verlieren und leicht unter solchen Verhältnissen geschwürig und zum Theil zerstört werden. Diese secundären Krankheitszustände bilden, wie es scheint, nicht bloß die einfache Folge der aufgehobenen Innervation, sondern auch der fehlenden Uebung, zu welcher die paralytischen Glieder verurtheilt sind, der disharmonischen Reaction, welche äußere Einwirkungen veranlassen, und des Mangels an gehöriger Abwehr der durch sie verursachten Schädlichkeiten.

Die Zerstörung der Geruchsnerven von Kaninchen hat keine bemerkliche Ernährungskrankheit der Nase zur Folge. Eben so lehrt uns die Erfahrung, daß der Sehnerv oder die Netzhaut eines Menschen vollkommen gelähmt sein kann, während die einzelnen Theile des Auges ihre Klarheit und Durchsichtigkeit behalten. Wenn aber häufig Verdunkelungen der Krystallinse, Trübungen der Hornhaut, Gefäßerweiterungen der Conjunctiva und innere Exsudate in amaurotischen und glaucomatösen Augen auftreten, so dürfen wir nicht vergessen, daß wir es hier mit immer weiter um sich greifenden Entzündungsprocessen und keinen directen und nothwendigen Folgen der Nervenverletzung zu thun haben. Aehnliche Erscheinungen kommen auch bisweilen nach der Durchschneidung des N. opticus in der Augenhöhle von Kaninchen und der Verletzung der A. ophthalmica vor [1].

Die N. N. Oculomotorius, Patheticus und Abducens bedingen, so viel man bis jetzt weiß, keine organischen Störungen. Denn wenn auch die entsprechenden Muskeln atrophisch werden, so läßt sich dieses natürlich auf ihren Mangel an Zusammenziehung reduciren. Das Gleiche gilt vom N. facialis. Die paralytische Gesichtshälfte ist blaß, schlaff, nicht selten gefaltet, und bei längerer Dauer des Leidens aus Mangel an Uebung der Muskeln atrophisch. Allein sie zeigt keine primäre Geschwürsbildung oder Zerstörung. Wenn das Auge bei einzelnen Kranken der Art verletzt gefunden wird, so sind dieses secundäre Folgen der Muskelverhältnisse und keine unmittelbaren organischen Wirkungen. Da nämlich die Augenlider nicht vollkommen wegen der Lähmung des Orbicularis palpebrarum geschlossen werden können, sondern immer unten eine Spalte offen lassen, so gelangen leicht Staubpartikel in den Sack der Bindehaut und reizen diese, indem sie nicht

---

[1]) De functionibus nervorum p. 14.

vollständig fortgeschafft werden. Es erzeugt sich auf diese Art bisweilen eine Entzündung der Bindehaut, die sogar eine Trübung der Cornea zur Folge haben kann. Die Durchschneidung der Glossopharyngei bei Säugethieren hat in den bisherigen Versuchen keine organische Veränderung der Zunge oder des Rachens verursacht.

Dagegen wirkt kein Hirnnerv mit solcher Energie auf die Nutritionsverhältnisse, als der N. trigeminus. Hat man seinen Hauptstamm oder auch nur seinen R. ophthalmicus ohne weitere Nebenverletzung in der Schädelhöhle von Kaninchen durchschnitten, so geht natürlich die Empfindlichkeit der Bindehaut gänzlich oder zu ihrem bei Weitem größten Theile auf der Stelle verloren, während die Pupille sehr klein wird und in diesem Zustande verbleibt. Allein weder eine organische Störung, noch ein Verlust des Sehvermögens des Auges kommt unmittelbar nach der Operation zum Vorschein. Dieses dauert jedoch nicht lange. Denn schon nach einigen Stunden beginnt die Bindehaut sich zu röthen, und alle Erscheinungen nehmen so rasch zu, daß die Oberfläche des Bulbus innerhalb 16 bis 24 Stunden auf eine in die Augen fallende Weise verändert wird. Die Conjunctiva entzündet sich, ihre Oberfläche liefert viel Schleim, der, mit Thränenflüssigkeit vermischt, zum Theil zur Augenlidspalte heraustritt, und am Gesichte herunterläuft. Das Secret wird bald eiterartig und zäher und geht zuletzt in wahren Eiter über. Mit einem Worte, es zeigen sich dieselben Erscheinungen, welche wir auch bei dem Menschen in den verschiedenen Ophthalmoblennorrhöen, wie z. B. der ägyptischen, der syphilitischen Augenentzündung, der der Neugeborenen u. dgl. wahrnehmen. Wie hier so häufig das Leiden erst mit dem Erlöschen der Sehkraft beendigt wird, so findet das Gleiche auch bei jenen Thieren Statt. Im Anfange ist die Hornhaut an und für sich durchsichtig und nur an einzelnen Stellen von dem zähen Secret der Bindehaut und der Meibomischen Drüsen überzogen. Allein bald wird auch sie angegriffen. Der erste unterliegende Theil ist ihr Mittelpunkt. Hier erzeugt sich ein Geschwür, das sich trichterförmig von außen nach innen einbohrt und mit seinem verengerten Grunde gegen die vordere Augenkammer gerichtet ist. Seine Umgebung trübt sich immer mehr, und die ganze Hornhaut oder ein großer Theil derselben nimmt eine milchweiße Farbe an und wird undurchsichtig und leucomatös. Während dieses geschieht, erzeugt sich auch eine wahre Iritis. Die Blutgefäße der Regenbogenhaut füllen sich, wie man vorzüglich bei Albinokaninchen am deutlichsten bemerkt, auf übermäßige Weise mit Blut. Nachfolgende Ausschwitzungen verkleben die kleine Pupille. Es lagern sich Exsudate oder wahrer Eiter in dem Grunde der vorderen Augenkammer ab, und es entsteht auf diese Art ein vollkommenes Hypopion. Der Proceß schreitet in der Regel bei Kaninchen nicht weiter fort. Die Absonderung der Conjunctiva vermindert sich alsdann nach und nach und kehrt endlich zu ihrem Normalzustande zurück. Allein das Auge ist wegen des Leucoms der Hornhaut und der Verwachsung der Pupille erblindet. Die Section weist nach, daß nur diese Krankheitszustände die Ursache des Verlustes der Sehkraft bilden. Denn abstrahirt man von einzelnen Ausschwitzungen, die nicht selten von der Iris nach der Linsenkapsel hinübergehen, so sind alle anderen Theile des Bulbus gesund. Die Linse und der Glaskörper erscheinen hell und durchsichtig. Die Retina zeigt selbst bei der mikroskopischen Untersuchung nichts Abnormes.

Die Zerstörung des Auges kann, wie man bei Hunden am besten sieht, in noch bedeutenderem Maaße fortschreiten. Indem sich nämlich das oben erwähnte Centralgeschwür immer tiefer einbohrt oder sich ein vollständiges Eiterauge ausbildet, berstet endlich die Hornhaut. Das Auge läuft aus und verwandelt sich in einen unförmlichen, später vernarbenden Stumpf, wie wir dieses z. B. auch nach den Augenentzündungen der Neugeborenen so häufig sehen. Krankheitsbeobachtungen lehren, daß die gleichen Affectionen des Bulbus nach Lähmung des Trigeminus des Menschen eintreten und bald ein bloßes allgemeines Leucom der Hornhaut, bald eine gänzliche Zerstörung des Augapfels veranlassen.

Durchschneidet man den dreigetheilten Nerven dem Gehirn so nahe als möglich, mithin hinter dem Gasser'schen Knoten, so treten die genannten Nutritionserscheinungen nach Magendie und Longet [1]) mit weit geringerer Intensität auf. Nimmt man diese Thatsache als sicher an, so schiene hierbei die Thätigkeit des Gasser'schen Knotens nicht einflußlos zu sein.

---

[1]) a. a. O. Tome II. p. 162.

Eine auffallende Röthung der Bindehaut mit Vermehrung der Thränen- und Schleimabsonderung tritt auch nicht selten bei Hunden, nicht aber bei Kaninchen nach der Exstirpation des obersten Halsknotens des sympathischen Nerven oder der Durchschneidung des Vagus-Sympathicusstammes unmittelbar unterhalb desselben hervor. Eine wahre Ophthalmoblennarrhö mit Verlust des Auges konnte ich jedoch dann nie wahrnehmen.

In einzelnen Fällen von Lähmung der Conjunctiva des Menschen, deren Ursachen jedoch nicht durch die Section ermittelt wurden, trübte sich der Epithelialüberzug der Bindehaut und wurde grau und undurchsichtig bis halbdurchsichtig, so daß die Kranken die Gegenstände wie durch einen Nebel sahen. Bisweilen bildeten sich sogar harte Krusten, welche die Patienten ohne alle Spur von Schmerz abreißen konnten.

Während aber die Unempfindlichkeit der zarten, freiliegenden Theile des Auges so furchtbare organische Störungen zur Folge hat, sind die Nutritionseinflüsse der Paralyse des Trigeminus auf andere Theile des Kopfes nicht so stürmisch. Die Nasenschleimhaut ist weicher, aufgelockerter und verliert leichter ihr Flimmerepithelium. Bisweilen läuft auch mehr Schleim oder eine ichoröse Flüssigkeit zur Nase heraus. Menschen mit Lähmung des Trigeminus leiden leicht an Nasenbluten. Wenn Kaninchen bei dem Fressen die Nase oder die Lippen gegen harte Theile andrücken, so bilden sich oft Geschwüre und dunkele Krusten an diesen Stellen. Ihre Tasthaare fallen leicht aus, ohne daß sie sich von Neuem ersetzen. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich an den Barthaaren von Hunden und den Gesichtshaaren des Menschen.

Die in Folge der Durchschneidung der Lingualäste des dreigetheilten Nerven unempfindlich gemachte Zungenhälfte zeigt bisweilen bei Hunden eine, wie es scheint, vermehrte Abschilferung des Epithelium. Indem sie nicht selten bei ihrer Insensibilität durch die Zähne verletzt wird, bilden sich oft Risse und unreine Geschwüre, die nur schwer zur Heilung kommen.

Da die Schleimhäute, welche von dem N. vagus versorgt werden, nicht freiliegen, so mangeln auch noch seiner Lähmung so bedeutende Vegetationsveränderungen, wie wir sie oben bei dem Trigeminus kennen gelernt haben. Die Blutüberfüllung und abnorme Secretion der ganzen Bronchialschleimhaut, von der schon früher gehandelt worden, scheint nur durch die R. R. recurrentes und pulmonales bedingt zu sein. Man findet sie wenigstens häufig in der Luftröhre von Kaninchen und jungen Hunden schon nach der Trennung der beiden R. R. laryngei inferiores sehr deutlich ausgesprochen. Die hautartige Abschilferung des Magenepitheliums nach Lähmung der R. R. gastrici haben wir schon bei den Functionen des Vagus kennen gelernt. Die organischen Folgen der Lähmung des N. accessorius sind bis jetzt noch gänzlich unbekannt.

Die Muskelparalyse der Zunge, welche die Durchschneidung der Hypoglossi zur Folge hat, bedingt oft einen eigenthümlichen trophischen Zustand dieses Organes. Indem nämlich die Muskulatur schwindet, wird der Epithelialüberzug zu weit und bekommt Runzeln und Falten, die bald bis zum Tode verbleiben, bald dagegen früher und wahrscheinlich in Folge einer theilweisen Wiedererzeugung der Nerven verschwinden [1]).

Gelähmte Hautstellen erscheinen in der Regel blaß, welk und widerstehen äußeren Einflüssen in geringerem Grade als gesunde. Schon eine mäßige Wärme, die sonst nicht bleibend wirkt, veranlaßt häufig Blasenbildung, und gewöhnliche Winterkälte Frostbeulen. Durch die Rhinoplastik neu angesetzte Nasen bekommen nicht selten, bevor die vollständige Nervenverbindung eingeleitet ist, Phlyctänen und gehen durch die geringste Kälte in Brand über. Liegen Kranke auf paralytischen Hautstellen längere Zeit, so röthen sich diese und verwandeln sich leicht in Geschwüre, die sich mit brandigen Krusten bedecken. Wir finden daher leicht ein solches Aufliegen am Gesäße oder an der Ferse von Personen, deren untere Körperhälfte z. B. in Folge einer Rückenmarksverletzung gelähmt worden. Im Grunde genommen gehören dann auch die ähnlichen Erscheinungen, so wie die häufigen Blutabgänge und Zersetzungen der Excrete, welche wir z. B. bei Typhösen beobachten, ebenfalls hierher.

Wie sich die Bildungsverhältnisse der Epithelien nach Verletzungen der entsprechenden Nerven abweichend zu gestalten scheinen, so treten auch analoge Phänomene bei manchen Hautlähmungen hervor. Die Epidermis von Hemiplegischen z. B. erscheint häufig

---

[1]) Bidder in Müller's Archiv. 1842. 8. S. 110.

sehr glatt, so daß die gelähmten Glieder nicht selten das Ansehen erhalten, als seien sie mit einer ausgezeichnet feinen Haut versehen. Umgekehrt erhalten paralytische Extremitäten, vorzüglich wenn sie mit Blutstockungen versehene Stellen oder Geschwüre darbieten, eine Neigung zu intensiverer Abschuppung der Epidermis, so daß sich diese sogar in einzelnen größeren Borken loslöst. Auch die Nägel scheinen oft stärker und bisweilen zugleich unregelmäßiger zu wachsen, so daß sie rauh, streifig oder kulbig werden.

Vollkommen gelähmte Glieder, die schon seit längerer Zeit nicht mehr gebraucht werden können, sind in der Regel nicht nur schlaff und welk, sondern auch bedeutend abgemagert. Ihre Muskelfasern erscheinen mürbe und blaß, zeigen sich, wenn die Krankheit Jahre lang angehalten, wie macerirt und von vielem Fett durchzogen. Dieses letztere wird dann zum Theil statt neuer Muskelmasse gebildet. Halbgelähmte Extremitäten können eine gewisse Ründung dadurch darbieten, daß ihre Organe noch im Ganzen normal sind oder daß eben ihre mürberen Muskeln von reichlichem zwischen ihnen und unter der Haut abgesetzten Fette eingehüllt werden. Zu gleicher Zeit erhalten sie nicht selten eine Neigung, gebogene Stellungen, z. B. eine permanente Flexion der Finger oder Zehen anzunehmen.

Da die unteren Extremitäten ihrer Lage und Bestimmung nach den äußeren Einwirkungen des Druckes am meisten ausgesetzt sind, so treten auch die Folgen des mangelnden Widerstandes gegen Eingriffe der Art bei ihren Lähmungen am deutlichsten hervor. Hat man bei Fröschen den Hüftnerven durchschnitten, übt die paralytische Extremität nicht und läßt sie selbst in nicht ganz reinem Wasser liegen, so wird sie nach einiger Zeit blaß bis weißlich, infiltrirt sich mit Flüssigkeit, stößt ihre Oberhaut in großen Lappen los, so daß diese in dem umgebenden Wasser herumschwimmen, und bedeckt sich selbst nach den Beobachtungen von Stilling und Hannover in Einzelfällen mit Schimmelbildungen. Das Letztere mangelt jedoch, wenn man das Wasser häufig wechselt und überhaupt die Thiere vor Unreinlichkeiten bewahrt. Die Infiltration der Füße wird durch den Aufenthalt in vielem Wasser bedeutend begünstigt und scheint nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln des Hüftgeflechtes später, als nach der der vorderen einzutreten.

Hat man bei einem Hunde oder Kaninchen den N. ischiadicus getrennt, so läuft sich das Thier nach einiger Zeit an der gelähmten Sohle auf. Es bildet sich ein mit Krusten bedecktes Geschwür, welches häufig in solcher Tiefe binnen Kurzem um sich greift, daß selbst die Knochen cariös werden. In Einzelfällen entarten die Nägel, während sich die Haare leicht abreiben. Daß sich auch ähnliche Erscheinungen bei dem Menschen nach Operationen einstellen, lehrt ein von Romberg[1]) speciell beschriebener Fall. Nachdem einer 50jährigen Frau ein Neurom des Hüftnerven von Dieffenbach war erstirpirt worden, waren die Muskeln des Unterschenkels und des Fußes gelähmt. Das Bein selbst aber konnte noch durch die Muskulatur des Oberschenkels im Ganzen bewegt werden. Bald darauf stellte sich Exulceration an der Ferse ein. Das blasse, nicht lebhaft entzündete Geschwür bedeckte sich leicht mit Schorfen und sonderte eine dünne Jauche ab. Später erfoliirten sich die Nägel. Drei Jahre darauf konnte die Kranke ohne Unterstützung gehen. Allein ihr Fuß war klumpfußartig verbogen. Seine Sohle sah nach innen; der Innenrand stand nach oben, und die Frau trat nur mit dem Außenrande auf. An diesem hatte sich aber ein neues Geschwür, das bisweilen Knochensplitter entließ, gebildet, während das frühere an der Ferse fortdauerte. Die Haut des Fußrückens erschien dunkelroth und glänzend. Seine Epidermis, so wie die eines Theiles des Unterschenkels bildete, wie bei Psoriasis, Borken und löste sich in großen Schuppen ab.

Solche Phänomene kehren in Fällen totaler Lähmung einer oder beider unteren Extremitäten, wie sie sich besonders in zartem Kindesalter in Folge von allgemeineren Krämpfen ausbilden, in noch ausgedehnterem Maaße wieder. Das ganze Bein, welches schon seit Jahren gänzlich unbrauchbar ist, erscheint sehr abgemagert und nicht selten in seinem Knochensysteme weniger entwickelt und daher merklich verkürzt. Seine Hinterbacke ist abgeflacht, seine Haut blaß, grau und an einzelnen Stellen bläulich und hängt erschlafft am Körper, so daß die Extremität bei dem Gehen, welches in der Regel nur mit Unterstützung von Krücken möglich ist, einzig und allein den Gesetzen der Schwere

---

[1]) M. H. Romberg Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Bd. I. Berlin, 1840. 8. S. 210.

folgt und wie ein lockeres gelenkiges Pendel schwingt. Der in seinen Gelenken relaxirte Fuß schlottert dabei gleich einem aufgehängten Körper und fällt mehr gegen den Boden, als er auf diesen gesetzt wird. Die Bänder des Kniegelenkes sind dergestalt erschlafft, daß das Knie bei einem Versuche, einen Theil der Körperlast auf der kranken Extremität ruhen zu lassen, nach hinten einknickt und vorn eine dreieckige mit ihrer Spitze nach hinten gerichtete Grube bildet. Die Relaxation der Bänder des Hüftgelenkes erlangt bisweilen einen solchen Grad, daß die Kranken ihr gelähmtes Bein, über welches ihr Wille gar keinen Einfluß hat und das sie daher mit ihren Händen regieren müssen, über ihre Schulter schlagen können und dasselbe dann mit seinen übrigen Theilen schlotternd die durch die Verhältnisse der Schwere gebotenen Lagen annimmt. Die leichenähnliche Haut des Fußes fühlt sich an einzelnen Stellen sehr fein an, ist dagegen an anderen mit Borken, Geschwüren, Frostbeulen und deren Ueberresten bedeckt, an noch anderen dagegen livid blaugrau bis blauroth gefärbt. Der Fuß selbst ist verhältnißmäßig lang und schmal, in der Regel klump- oder plattfußartig oder sehr unregelmäßig verkrümmt und hängt, wenn er in die Höhe gehoben wird, schief und schlotternd am Unterschenkel. Seine Plantarfläche erscheint tief ausgehöhlt. Seine Zehen neigen sich weit mehr zur Flexion, als zur Extension. Der Oberschenkel wird bisweilen etwas gebeugt gehalten. Oft erscheinen auch einzelne Muskeln desselben, besonders die Beuger des Kniegelenkes, wie der Biceps, Semimembranosus, Semitendinosus und bisweilen auch der Tensor fasciae latae, nach den Beobachtungen von Breuning [1]) schwach angespannt.

Endlich üben noch die Nerven einen oft deutlich nachweisbaren Einfluß auf die Verhältnisse der thierischen Wärme aus. Ein Theil dieser Erscheinungen läßt sich leicht erklären, ein anderer dagegen nicht. Bedenken wir, daß jeder Nerv alle Reactionen, die er auf objectivem Wege zu bedingen vermag, auch subjectiv hervorzubringen im Stande ist, so kann uns nicht die individuelle Wahrnehmung der Kühle der Haut vor dem Eintritte der Epilepsie oder anderer Krampfanfälle, das heftige Frieren in dem Kältestadium der Fieber befremden. Behalten wir ferner die eben geschilderten Beziehungen der Nerven zu den Kreislaufs- und Ernährungserscheinungen im Auge, so wird ein gelähmtes Glied, dessen Circulation und Nutrition noch normal von Statten geht, die gewöhnlichen Verhältnisse der Eigenwärme zeigen, ein solches dagegen, das schon lange nicht mehr gebraucht, abgemagert und verkrüppelt ist, eine niedere Temperatur darbieten. Während aber diese Thatsachen durch die tägliche ärztliche Erfahrung bestätigt werden, zeigt sich angeblich in Einzelfällen an nicht vollständig gelähmten Extremitäten und zwar nicht immer gerade an Stellen, die einem Verschwärungsprocesse ausgesetzt sind, eine geringe Erhöhung der Eigenwärme. Noch räthselhafter erscheinen die localen Herabsetzungen der Temperatur, welche häufig nach Nerveneinflüssen beobachtet werden. Die Haut der Stirn, der Nase oder der Wangen eines Menschen, der sich erbricht, erkaltet so rasch, daß selbst die Annahme einer völligen Stockung des Kreislaufes dieser Theile keinen genügenden Erklärungsgrund der Erscheinung abgeben könnte. Sie widerlegt daher keineswegs die Theorie des Verbrennungsprocesses der thierischen Wärme (§. 103), lehrt aber, daß noch diese die meisten Verhältnisse des Menschen und der höheren Thiere genügend erläuternde Ansicht wesentliche Punkte unerörtert läßt. 1475

---

[1]) G. v. Breuning Wiederbelebung gelähmter Gliedmaßen durch den Sehnenschnitt. Wien, 1844. 8. S. 5.

Die Temperaturerniedrigung gelähmter Glieder giebt sich schon häufig dem bloßen Gefühle zu erkennen und wird oft genug von den Aerzten und dem Kranken selbst unmittelbar wahrgenommen. Ollivier [1]) fand z. B. bei einem 33jährigen Menschen, welcher in Folge einer Rückenmarksverletzung hemiplegisch geworden war, die Haut der gelähmten Seite 1°,875 C. kälter als die der gesunden. Noch bedeutender fielen die Unterschiede, welche Earle beobachtete, aus. Reduciren wir seine Resultate auf Celsius'sche Grade, so erhalten wir folgende Uebersicht:

Individuum.	Extremität.			
	Gelähmt.		Gesund.	
	Theil.	Temperatur.	Theil.	Temperatur.
Mädchen, dem fünf Jahre vorher wegen Ulnarneuralgie ein Theil des N. ulnaris ausgeschnitten worden war und sich nicht wiedererzeugt hatte, bei 13°,14 C. der Luft.	Basis der Rückenfläche des kleinen Fingers.	13°,71	Finger.	16°,0
	Zwischenraum zwischen diesem und dem Ringfinger.	14°,3	Hand.	17°,1
	Außenfläche des Zeigefingers.	16°,0		
	Zwischen ihm, dem Daumen und der Handfläche.	17°,14		
Mann, mit Lähmung des linken Armes in Folge eines Schlüsselbeinbruches.	Hand.	22°,3	Hand.	33°,1
	Arm.	27°,4	Arm.	36°,0
	Achselgrube.	34°,3	Achselgrube.	36°,6

Lassen auch die bei dem Mädchen gefundenen Angaben ihrer zu geringen Größe wegen gerechte Zweifel in Betreff der Sicherheit der Beobachtung übrig, so lehren doch die an dem Manne angestellten Untersuchungen, daß die Endglieder die charakteristischesten, die Achselgrube dagegen die am wenigsten ausgesprochenen Ergebnisse lieferten. Dieses kann zunächst von der Größe der Lähmung abhängen, jedoch auch zum Theil durch die schon früher erwähnte nervöse Bevorzugung der Endtheile der Extremitäten bedingt sein.

Eine Erhöhung der Wärme in den paralytischen Theilen wurde von Romberg an der oben erwähnten Frau mit durchschnittenem Ischiadicus beobachtet. Es ergab sich:

Theil.	Temperatur in Celsius'schen Graden.	
	Gelähmt.	Gesund.
Aeußerer Knöchel.	31°,25	30°,00
Zwischenraum zwischen der dritten und vierten Zehe.	30°,00	28°,75

Die Ursache dieser Erscheinung muß vorläufig dahingestellt bleiben. Möglicher Weise könnte sie davon herrühren, daß der noch unversehrte N. cruralis, dessen Primitivfasern bis zum Fuße herabgehen, eine ungezügelte und daher erhöhte Wirksamkeit auf die Capillaren desselben ausübte oder daß äußere unbekannte Veranlassungen die geringe Temperaturerhöhung bewirkten.

[1]) C. P. Ollivier Traité des maladies de la moelle épinière. Troisième édition. Paris, 1837. 8. Tome I. p. 510.

B. Centrales Nervensystem.

Cerebrospinalflüssigkeit. — Dieses innerhalb der Arachnoidea 1476 angesammelte Fluidum, welches auch die Sylvische Wasserleitung, den mittleren und die Seitenventrikel des Menschen und der Mammalien und die übrigen Hirnhöhlen der anderen Wirbelthiere ausfüllt, hat zunächst diejenigen Zwecke, welche dem flüssigen Inhalte aller serösen Ausbreitungen zukommen (§. 63). Das weiche Gehirn und Rückenmark wird durch sie vor der Reibung und dem Drucke gegen die Hartgebilde des Schädels und der Wirbelsäule bewahrt. Es kann daher die verschiedenen bald zu erläuternden Bewegungen ohne Nachtheil vornehmen, weil die Cerebrospinalflüssigkeit, welche in dem völlig geschlossenen, zwischen dem centralen Nervensysteme und dessen Umhüllungen befindlichen Raume vorhanden ist, auf zweckmäßige Art ausweicht und je nachdem es nothwendig wird, hier Platz macht, dort dagegen jedes neu entstehende Interstitium auf der Stelle ausfüllt. Sie begünstigt mithin indirect die normalen Thätigkeiten des Gehirns und Rückenmarks.

Ein einfacher, von Magendie zuerst angestellter und leicht zu wie- 1477 derholender Versuch giebt einen deutlichen Beweis dieses ihres mittelbaren Einflusses auf die Functionen des centralen Nervensystemes. Macht man die harte Hirnhaut in der Gegend des Hinterhauptgelenkes und des Atlas bei einem lebenden Kaninchen frei, so erleiden die Bewegungen des Thieres keine wesentliche Veränderung durch diesen Theil der Operation [1]). Sticht man dagegen die prall gespannte harte Hirnhaut an, so tritt eine Portion der Cerebrospinalflüssigkeit in einem bisweilen hohen Strahle hervor. Ist eine bedeutendere Menge derselben abgeflossen, so wird das Thier apathisch oder fällt auch auf die Seite und taumelt bei dem Gehen. Ein Fuchs, welcher vorher noch um sich zu beißen suchte, wurde dann ruhig und sanft. Hunde dagegen werden bisweilen von solcher Unruhe ergriffen, daß sie das Ansehen wasserscheuer Thiere annehmen (Magendie) [2]). Trepanirt man bei ihnen oder Kaninchen ein Stück der Oberfläche des Schädels ohne Verletzung der harten Hirnhaut heraus, so kann man zwar auch eine kleine Menge von Cerebrospinalflüssigkeit durch den Anstich der dura mater erhalten. Allein die eben erwähnten allgemeinen Folgeerscheinungen fehlen in der Regel.

Das Cerebrospinalfluidum bildet vermöge seiner Menge, seiner geeig- 1478 neten Wärme und chemischen Zusammensetzung das passendste Medium, um das Gehirn und Rückenmark vor schädlichen Einwirkungen zu bewahren. Sein normaler Nutzen hat daher insofern einen mehr negativen, verhüten-

---

[1]) Aeltere Hunde, an denen man den Lendentheil der Wirbelsäule bloßgelegt, wanken oft schon, wenn noch selbst die dura mater unverletzt ist. Die Unsicherheit beim Stehen vergrößert sich nach dem Oeffnen derselben.

[2]) F. Magendie physiologische und klinische Untersuchungen über die Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit. Aus dem Französischen von G. Krupp. Leipzig, 1843. 8. S. 43.

den Charakter. Nur wenn sich die Quantität der Flüssigkeit ändert oder unzweckmäßige Substanzen an ihre Stelle treten, entstehen positive krankhafte Thätigkeitsäußerungen des centralen Nervensystems. Hat man z. B. einen größeren Theil des Lendenmarks bei einem Hunde bloßgelegt und die harte Hirnhaut der Länge nach aufgeschlitzt, so daß die Atmosphäre auf das Rückenmark in einer bedeutenderen Strecke einwirkt, so erzeugt sich im Anfange ein automatisches Muskelzittern der Hinterbeine, indem der geringe Reiz der Luft eine motorische Reaction der afficirten Nervengebilde veranlaßt. Dieses Symptom verschwindet späterhin, und die Thiere können dann wieder ein vollkommen normales Verhalten ihrer hinteren Extremitäten darbieten. Entzieht man einem Hunde den größten Theil seiner Cerebrospinalflüssigkeit und injicirt statt derselben kaltes auf 0° C. temperirtes Wasser, so friert und zittert das Thier, als wenn es sich in dem Frostanfalle eines Wechselfiebers befände. Selbst reines auf 37° C. temperirtes Wasser verursacht schon Muskelzittern. Enthält es giftige Substanzen, wie z. B. Morphin, Blausäure, Campher, so veranlassen diese ihre nachtheiligen Wirkungen kurze Zeit nach ihrer Einverleibung in den Organismus [1]).

Die Folgen, welche die in der Gegend des Hinterhauptgelenkes vorgenommene Abzapfung der Cerebrospinalflüssigkeit veranlaßt, entstehen natürlich dadurch, daß das Rückenmark nicht mehr innerhalb eines milden, für dasselbe indifferenten, beweglichen und die räumlichen Verhältnisse regulirenden Medium spielt. Ist dagegen keine Luft nach Entfernung desselben eingedrungen, so muß die Reibung gegen die minder nachgiebigen Faserhüllen, vorzüglich bei den Bewegungen der Wirbelsäule Beschwerden veranlassen. Wurde die Flüssigkeit durch einen Theil Atmosphäre ersetzt, befindet sich das Rückenmark in offener Communication mit der Luft, so wird diese nicht bloß reizend wirken, sondern auch den Mechanismus des gehörigen Ausweichens der noch vorhandenen Cerebrospinalflüssigkeit stören, weil sie sich nicht mehr in einem luftdicht abgeschlossenen Raume befindet. Ein theilweiser Ersatz dieses letzteren Uebelstandes kann erst später mittelst der Verklebung der Wunde durch Blut, Exsudat oder Eiter zu Stande kommen.

Vergrößert man die Menge der Cerebrospinalflüssigkeit bei einem Hunde oder Kaninchen dadurch, daß man eine Quantität lauen Wassers durch eine kleine Oeffnung der harten Hirnhaut einspritzt, so entsteht Betäubung und selbst der höchste Grad von Sopor, so daß das Thier gleich einem Schlagflüssigen hinsinkt [2]). Krankhafte Ausschwitzungen haben bei dem Menschen den gleichen Erfolg. Denken wir uns nämlich, daß die verstärkte Gewalt des Blutstromes eine größere Menge von Cerebrospinalflüssigkeit erzeugt, so wird diese bei dem Widerstande der Hartgebilde ihre heftige Druckwirkung gegen das weiche centrale Nervensystem richten, dessen Thätigkeiten schwächen oder sogar dergestalt lähmen, daß der Tod kurze Zeit darauf erfolgt. Wir finden daher auch oft, z. B. in den Gehirnen von Cretins, Blödsinnigen, Typhösen, Hydrocephalischen, Apoplektischen u. dgl., eine so bedeutende Menge von Serosität, daß der mittlere und der Seitenventrikel bedeutend ausgedehnt erscheinen.

Hat sich dagegen eine größere Menge von Cerebrospinalflüssigkeit angesammelt, indem ihr ein entsprechender Raum außerhalb des centralen Nervensystemes gestattet ist, so bleiben auch natürlich die lähmenden Folgeerscheinungen ihres Druckes aus. Diejenigen Fälle von Spina bifida, in welchen die harte Hirnhaut unverletzt ist, liefern den anschaulichsten Beleg hierfür. Fehlen z. B. die Wirbelbogen mit dem größten Theile der sie bedeckenden Weichgebilde, nicht aber die dura mater, so bildet diese hier, wenn eine größere Menge von Cerebrospinalflüssigkeit vorhanden ist, einen hervortretenden, mit Wasser prall gefüllten Sack. Das Individuum leidet an keinen Hirnbeschwerden, weil

---

[1]) Magendie a. a. O. S. 46. 47. [2]) Magendie a. a. O. S. 44.

das Fluidum ein seiner größeren Menge entsprechendes Nebenreservoir vorfindet. Drückt man dagegen das letztere zusammen, so steigt die Flüssigkeit empor, belästigt das Gehirn und verursacht Ohnmachten, Betäubung und Lähmungserscheinungen. Man würde natürlich die gleichen schädlichen Folgen erhalten, wenn man den Sack spalten und die Cerebrospinalflüssigkeit auf einmal entleeren wollte. Das Gehirn würde dann sogleich zusammenfallen und der Tod bald darauf erfolgen. Man darf daher höchstens sehr kleine Mengen durch eine mittelst der Staarnadel gemachte Oeffnung heraussintern lassen. Dringt eine bedeutendere Menge Luft ein, so bleiben wieder die schädlichen Folgen nicht aus. Aus diesem Grunde leben auch Kinder mit Spina bifida der Knochen und der Hüllen nur wenige Stunden nach der Geburt, können aber athmend zur Welt kommen, weil ihr Hirn und Rückenmark zur Zeit ihres ganzen Uterinlebens von dem Amnioswasser umspült wird.

Die Cerebrospinalflüssigkeit erzeugt sich gleich allen anderen serösen 1479
Absonderungen sehr leicht und rasch wieder. Hat man sie bei einem Kaninchen am Nacken abgezapft, so stellt sie sich oft in 24 Stunden her. Sie kann auch bei dem Menschen binnen sehr kurzer Zeit in großer Menge abgesetzt werden. Ihre Zusammensetzung ist schon §. 472 angegeben worden.

Bewegungen des centralen Nervensystemes und der Cere- 1480
brospinalflüssigkeit. — Betrachtet man ein Kind, dessen große Fontanelle noch weich und knorpelig ist, mit Aufmerksamkeit, so zeigt sich, daß sich diese Stelle fortwährend hebt und senkt. Husten, Schreien, Niesen und überhaupt jede bedeutende Ausathmung verstärkt die Bewegung. Die gleiche Beobachtung läßt sich an Erwachsenen, welche trepanirt worden oder ein Stück ihrer Hirnschale durch Beinfraß oder eine Verwundung verloren haben, anstellen. Selbst wenn die harte Haut unverletzt ist, kommt das Pulsiren schon deutlich zum Vorschein. Die vollkommensten Resultate erhält man aber in dieser Beziehung, wenn man eine Strecke des Gehirns oder Rückenmarkes eines mittelgroßen Säugethieres, z. B. eines Hundes oder Schafes, bloßlegt. Dagegen fehlt das Phänomen nach Ecker [1]) bei den Vögeln und den Fröschen.

Untersucht man die Erscheinung genauer, so findet man, daß die Be- 1481
wegung streng genommen eine doppelte ist. Die eine nämlich entspricht unmittelbar den Zusammenziehungen des Herzens, die andere den Athembewegungen. Jene heißt die arteriöse, diese die respiratorische.

Die arteriöse Bewegung besteht darin, daß sich das centrale Nerven- 1482
system der Systole der Herzkammer entsprechend hebt, im Augenblicke der Diastole dagegen senkt. Sie findet sich nach Ecker am Rückenmarke kaum spurweise, existirt dagegen am Gehirn von Hunden so deutlich, daß sich selbst Unregelmäßigkeiten des Herzschlages in den entsprechenden Gehirnveränderungen wiederholen (Ecker) [2]). Jedoch kommt sie nichtallen Säugethieren zu, sondern mangelt z. B. bei dem Kaninchen gänzlich oder größtentheils. Dieser Umstand bildet wahrscheinlich den Hauptgrund, weshalb

[1]) A. Ecker physiologische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns und Rückenmarks, insbesondere den Einfluss des Cerebrospinalflüssigkeit auf dieselben. Stuttgart, 1843. 8. S. 19. 20.

[2]) Ebendaselbst S. 18.

die arteriöse Bewegung überhaupt von einzelnen Schriftstellern älterer [1]) und neuerer Zeit [2]) in Abrede gestellt worden ist.

Der Grund der Hebung des Gehirns liegt wohl unzweifelhaft darin, daß die Hirncarotiden, die Vertebralarterien und die Basilarschlagader nebst ihren Verzweigungen im Momente der Systole der Kammern mit mehr Blut gefüllt werden und die Hirnmasse, welche auch nach bedeutendem Blutverluste an Volumen abnimmt, emporheben.

1483 Die respiratorische Bewegung ist stärker und kommt selbst bei kleineren Säugethieren, wie z. B. Kaninchen, sehr deutlich zu Stande. Sie besteht darin, daß sich das Gehirn sowohl als das Rückenmark bei der Exspiration ausdehnt oder hebt, bei der Inspiration dagegen verkleinert oder senkt. Diese Phänomene verstärken sich, so wie man die Athmung künstlich erhöht. Die gleichen Veränderungen lassen sich aber selbst durch Eindrücken des Brustkastens sehr frischer und unverletzter Leichen hervorrufen. Das Experiment gelingt jedoch nicht mehr, wenn man die Jugularen, die Vertebralvenen und die großen Längssinus des Rückenmarkes durchschnitten und von ihrem Blute entleert hat. Die Unterbindung der Venae jugulares oder der Venae vertebrales oder dieser beiden Paare von Blutaderstämmen zugleich vermindert die Erscheinung, hebt sie jedoch nicht gänzlich auf.

Die eben erwähnten Thatsachen führten nun zu folgender Erklärungsweise dieser Phänomene. Wir haben früher gesehen, daß das Blut im Momente der Inspiration gegen die Brust hingezogen wird, während das Umgekehrte im Augenblicke der Ausathmung Statt findet. Hier wird die Blutmasse zum Theil vom Thorax abgehalten, und die Jugularvenen schwellen daher in der Nähe desselben eher an und zeigen eine Art von Pulsation. Da nun das Blut während der Exspiration in seinem centrifugalen Laufe fortgeht, in seinem centripetalen dagegen momentan gehemmt ist, so füllen sich dann die Sinus des Schädels und der Wirbelsäule, so wie die Capillaren des centralen Nervensystemes. Dieses letztere schwillt deshalb an und geht in die Höhe. Es fällt dagegen während der Inspiration, wo das Entgegengesetzte Statt findet, ein und sinkt herab.

1484 Die lehrreichen Versuche von Ecker [3]) haben nachgewiesen, daß das Cerebrospinalfluidum eine wesentliche Rolle bei diesen Erscheinungen spielt. Sie selbst fließt schon aus einer Wunde bei der Exspiration stärker als bei der Inspiration aus. Eben so ist ihre Schwankung so bedeutend, daß sich z. B. das bloßgelegte Ligamentum occipito-atlanticum den Athembewegungen entsprechend hebt und senkt und bisweilen die Säcke bei Spina bifida mit Integrität der harten Hirnhaut die gleiche Pulsation darbieten. Drückt man auf das genannte Band, so geht das Gehirn in die Höhe

---

1) Siehe die historischen Angaben bei Haller Elementa physiologiae. Tomus IV. p. 176.

2) P. Flourens Récherches expérimentales sur les propriétés et le fonctions du système nerveux dans les animaux vertèbrés. Seconde édition. Paris, 1842. 8. p. 345.

3) a. a. O. S. 97.

und sinkt umgekehrt nach Entleerung des größten Theiles der Cerebrospinalflüssigkeit auf der Stelle zusammen. Seine respiratorischen Bewegungen hören entweder im letzteren Falle ganz auf oder werden wenigstens in hohem Grade geschwächt. Selbst ein künstlich hervorgerufenes tieferes Athmen des Thieres, dem man z. B. die Nasenlöcher leise zuhält, veranlaßt keine Veränderung dieser Verhältnisse. Hat man aber die Wunde geschlossen und der Cerebrospinalflüssigkeit Zeit zu ihrer Wiedererzeugung gelassen, so kehrt die Hebung und Senkung des Gehirns von Neuem zurück. Diese Thatsachen deuten darauf hin, daß das Cerebrospinalfluidum während des Ausathmens in Bewegung versetzt wird, unter die Basis des Gehirns und durch den vierten Ventrikel und die Sylvische Wasserleitung in den mittleren und die Seitenventrikel einströmt und so die Hebung der Hirnmasse wesentlich unterstützt. Die unmittelbaren Erfahrungen von Magendie, künstliche Einspritzungen, welche von Ecker an frisch getödteten Thieren gemacht worden, und die Beobachtung von Riolan, daß die Bewegung des Gehirns nach der Eröffnung der Seitenventrikel aufhört, unterstützen eine solche Ansicht.

Das Rückenmark unterscheidet sich in dieser Hinsicht von dem Gehirn 1485
in manchen Punkten. Seine arteriösen Bewegungen sind nicht nur, wie schon erwähnt wurde, sehr schwach, sondern auch seine respiratorischen einfacherer Art. Sie bestehen nämlich, wenn das Thier auf dem Bauche liegt, in einer einfachen Hebung und Senkung und keiner deutlichen inneren Auschwellung und erhalten sich noch, wenn selbst die Cerebrospinalflüssigkeit abgezapft worden ist (Ecker) [1]. Dieses Factum läßt sich daraus erklären, daß die sich während der Ausathmung stärker füllenden venösen Sinus der Vorderfläche und der Seitentheile des Wirbelcanales Kraft genug haben, die Nervenmassen zu heben. Der Mangel größerer Ventrikularräume dagegen, in welche die Cerebrospinalflüssigkeit eindringen könnte, hindert jede irgend bedeutendere innere Anschwellung des Organes.

Das Cerebrospinalfluidum bildet mithin in seinen Bewegungen den 1486
Abdruck der Folgen, welche die Ausathmung vorzüglich auf die Verhältnisse des Kreislaufes ausübt. Die örtlichen Schwankungen des centralen Nervensystemes aber geben selbst die Ortsveränderungen, welche die Cerebrospinalflüssigkeit, gleich den meisten anderen Serositäten vornimmt, im Ganzen wieder.

Alle Versuche, welche über die Bewegungen des centralen Nervensystemes angestellt werden können, lassen sich natürlich nur unter der pathologischen Bedingung, daß ein Theil der festen Umhüllungen an einer Stelle geöffnet worden, vornehmen. Befindet sich die Continuitätsunterbrechung an einer minder günstigen Stelle des Schädels, oder hat sie eine nur geringe Ausdehnung, so stellt sich die Hirnbewegung entweder nur sehr schwach oder selbst gar nicht dar. Dieses gestattet jedoch nicht den Schluß, daß sie bei vollkommen unverletztem Schädel mangele. Im Gegentheil deutet schon unmittelbar die Bewegung der Fontanellen bei Kindern und der während der Exspiration verstärkte Austritt von Eiter aus Trepanationswunden auf ihre Existenz hin.

Sensible und motorische Kräfte des centralen Nerven- 1487
systemes. — Die mikroskopische Untersuchung lehrt, daß sich die Pri-

[1] a. a. O. S. 112.

mitivfasern der sensiblen und motorischen Wurzeln unmittelbar in die entsprechenden Nervenfasern des Rückenmarkes fortsetzen, hierbei an Breite abnehmen und dann nach dem Gehirn in verschiedener Weise emporstreichen [1]). Eine wahre Endigung derselben in jenem Theile des centralen Nervensystemes ist nicht nachzuweisen. Jeder Schnitt, er stamme aus welcher Stelle er wolle, zeigt an beiden Enden abgerissene oder mit den entsprechenden Nervenwurzeln verbundene Primitivfasern, welche in der weißen Substanz dicht bei einander liegen und häufig Plexus bilden, sich in der grauen dagegen zwischen den Nervenkörpern und ihren plattfaserigen Scheidenfortsätzen in mannichfacher Weise durchdrängen. Hierbei geht der bei Weitem größte Theil, wo nicht die Gesammtheit der Primitivfasern der rechten Seite in der rechten Rückenmarkshälfte, der der linken in der linken fort.

1488 Schon aus diesen anatomischen Thatsachen folgen drei Cardinalsätze, welche sich auch durch die physiologische Erfahrung vollkommen bestätigen:

1) Das Rückenmark nimmt nach und nach alle sensiblen und motorischen Wurzeln der einzelnen Rückenmarksnerven in sich auf und übergiebt sie dem verlängerten Marke.

2) Je höher hinauf, um so größer wird die Sammlung der Primitivfasern der verschiedenen Körpertheile in dem Rückenmark. Während es daher z. B. im Niveau des ersten Lendenwirbels nur die Fasern der Lenden- und Kreuzbeinnerven empfangen hat, enthält es in dem des ersten Brustwirbels noch außerdem die Elemente der Brustnerven und in dem des Atlas die aller Rückenmarksnerven überhaupt. Endlich

3) ist jede Hälfte des Rückenmarkes größtentheils oder gänzlich unabhängig von der anderen. Eine Affection der rechten betrifft nur die rechte, nicht aber die linke Körperseite, und umgekehrt.

1489 Die Anwesenheit sensibler und motorischer Fasern im Rückenmarke läßt sich an jedem lebenden Wirbelthiere leicht nachweisen. Legt man z. B. das Lendenmark eines Hundes, Kaninchens oder einer Ziege von oben oder hinten her bloß und reizt die unmittelbar zu Tage kommende Ober- oder Hinterfläche desselben, so entsteht ein sehr heftiger Schmerz. Das Thier schreit laut auf und wehrt sich, wenn es nicht zu viel Blut verloren hat, so sehr es kann. Geht man nun mit einer gekrümmten Nadel seitlich in die Tiefe und greift die Unter- oder Vorderfläche des Rückenmarkes an, so zeigt sich, wenn die Verletzung nicht zu tief ist oder der nach oben oder seitlich ausgeübte Druck keinen hohen Grad erreicht, entweder gar kein oder nur ein unbedeutender Schmerz. Allein die Hinterfüße und nicht selten auch noch andere Theile des Körpers werden convulsivisch zusammengezogen und beruhigen sich erst mit dem Aufhören der Reizung. Aehnliche Erfahrungen lassen sich am Menschen anstellen. Verletzungen, welche das Rückenmark treffen, Geschwülste, die auf dasselbe einwirken,

---

[1]) Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosorum. Tom XVIII. P. I. Vratislaviae et Bonnae, 1836. 8. p. 87 fgg. Budge in Müller's Archiv, 1844. S. 163 fgg.

und ähnliche Ursachen erzeugen einerseits sehr heftige Schmerzen, die theils in ihm selbst, theils aber nach dem Gesetze der peripherischen Wirkung in entfernten Körpertheilen empfunden werden. Anderseits aber regen dann die vorzüglich unterhalb der Druckstelle eintretenden motorischen Nerven ihre entsprechenden Muskelgebilde zu klonischen oder tetanischen Krämpfen an. Die Art und Weise, wie diese empfindenden und bewegenden Fasern in den einzelnen Theilen des Rückenmarkes verlaufen, werden wir in der Folge bei der Betrachtung der Specialthätigkeiten desselben kennen lernen.

Die Nervenfasern, welche von den Nervenwurzeln aus in das Rücken- 1490
mark eintreten und nach dem Gehirn emporstreichen, verhalten sich rücksichtlich der vollkommenen, nicht aber der unvollständigen Continuitätsunterbrechung des Rückenmarkes wie peripherische Nerven. Trennen wir z. B. das gesammte Rückenmark in der Höhe des untersten Brustwirbels der Quere nach vollständig, so werden die unteren Extremitäten sensoriell und motorisch gelähmt. Kein noch so starker Hautreiz, keine Verwundung oder Zerstörung der unempfindlichen Gebilde gelangt zum Bewußtsein. Man hat z. B. bei Menschen, welche auf diese Art litten, beobachtet, daß sie am Kamine einschliefen und sich ihre gelähmten Füße am Feuer desselben zu Kohle verbrannten, ohne nur das Geringste davon zu merken. Eben so hört aller Willenseinfluß auf diese paralytischen Glieder auf. Der Mensch oder das Thier ist außer Stande, die geringste Muskelzusammenziehung durch den Befehl seines Geistes direct zu veranlassen. Verhält sich aber das quer durchschnittene Rückenmark in allen bisher erwähnten Beziehungen wie ein peripherischer Nerv, dessen Continuität vollkommen unterbrochen worden, so tritt an ihm noch eine Reihe von charakteristischen Mittheilungserscheinungen hervor, die uns in der Folge ausführlicher beschäftigen werden.

Theorie und Erfahrung führen gleichmäßig zu dem Grundgesetz, daß jede 1491
vollständige Quertheilung des Rückenmarkes den Einfluß des Selbstbewußtseins auf die Sensibilität und Motilität aller Organe, die ihre Nerven unterhalb der Verletzungsstelle beziehen, aufhebt, derjenigen dagegen, welche sie erst von höher gelegenen Parthieen empfangen, ungestört läßt. Ist uns daher der Ort der Continuitätsunterbrechung des Rückenmarkes bekannt, so brauchen wir nur die §. 1349 tabellarisch verzeichneten peripherischen Endverbreitungen der entsprechenden Nerven zu summiren, um sogleich den Lähmungsbezirk auf das Genaueste zu bestimmen. Eine vollständige Zerstörung des Rückenmarkes in der Gegend des letzten Brust- bis ersten Lendenwirbels paralysirt daher die Beine und nicht die Arme; eine solche in dem Niveau des vierten Halswirbels dagegen alle vier Extremitäten. Bezieht ein Organ nur einen Theil seiner Nerven von einer unterhalb der Durchschnittsstelle gelegenen Parthie des Rückenmarkes, so wird natürlich auch bloß eine unvollkommene Lähmung desselben zu Stande kommen. Es kann daher z. B. die Haut des Achselgelenkes und des Schlüsselbeines ihre Empfindlichkeit behaupten, wenn die Trennungsstelle zwischen dem vierten und dem fünften Halswirbel liegt, weil dann noch die Verbindung der N. N. supraclaviculares mit dem Gehirn fortbesteht.

1492 Jede vollständige Continuitätsunterbrechung des ganzen Rückenmarkes erstreckt mithin ihre Folgen ohne Ausnahme auf alle Parthieen, die unterhalb derselben ihre Nervenquelle besitzen. Dagegen können auch örtliche Lähmungserscheinungen in Folge von partiellen Verletzungen hervortreten. Hierbei werden nicht selten höhere Theile paralysirt und niedere gesund erscheinen. Denken wir uns z. B., daß nur diejenige Stelle des Rückenmarkes, in welcher die Primitivfasern des rechten Armes verlaufen, durch Erweichung zerstört ist, so wird bloß der rechte Arm, nicht aber der rechte Fuß gelähmt sein. Verbreitet sich dagegen die Auflösung des Nervengewebes weiter, so wird auch häufig die untere Extremität nachträglich angegriffen.

1493 Versuche, die sich leicht an Säugethieren und vorzüglich am Frosche anstellen lassen, lehren deutlich, daß jede Seitenhälfte des Rückenmarkes nur der correspondirenden Körperhälfte und nicht zugleich der anderen entspricht. Legt man z. B. bei dem Hunde das ganze Mark, aus welchem die Nerven der Hinterbeine entspringen, bloß, sondert es durch einen vollkommen durchgehenden Längeneinschnitt in zwei seitliche Hälften und trennt die rechte von diesen an ihrem vorderen Ende der Quere nach durch, so wird nur das rechte Hinterbein vollständig gelähmt. Das linke dagegen giebt deutliche Zeichen von selbstbewußter Empfindung und Bewegung. Wiederholt man den gleichen Versuch an dem vollständig bloßgelegten Rückenmarke des Frosches, so kann man sich von der Gültigkeit des Gesagten für die vorderen und hinteren Extremitäten überzeugen. Die Lähmungserscheinungen beschränken sich auch auf diese Weise nicht selten bei Krankheitsfällen des Menschen auf die eine Seitenhälfte und verbreiten sich zugleich erst später bei dem tieferen Durchgreifen der Desorganisation auf die andere.

Das Rückenmark des Frosches eignet sich noch sehr gut, um alle diese Localitätswirkungen der unmittelbar vorher eingetretenen und freier verlaufenden Nerven nachzuweisen. Jedoch darf natürlich die angewandte Reizung weder zu stark sein noch zu tief eingreifen, weil sonst auch weiter nach hinten gelegene Theile in Convulsionen gerathen. Van Deen [1]) hat die hier zum Vorschein kommenden allgemeinen Resultate, welche den 10 mit freiem Auge wahrnehmbaren Paaren von Rückenmarksnerven entsprechen, folgendermaßen formulirt.

Reizung der Vorderstränge des Rückenmarkes des Frosches in der Gegend des	In Bewegung gesetzte Theile.
Ersten Wirbels.	Muskeln des Kopfes und vorzüglich des Unterkiefers.
Zweiten Wirbels.	Muskeln der Vorderfüße und der Brust.
Dritten Wirbels.	Bauchmuskeln.
Vierten Wirbels.	Untere Bauch- und obere Schenkelmuskeln.
Fünften Wirbels.	Majorität der Schenkelmuskeln.
Sechsten Wirbels.	Fast alle Muskeln der Hinterfüße.

[1]) J. van Deen Traités et Découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Traduit du Hollandais, augmentés de nouvelles recherches, qui n'ont pas été publiés et d'une planche lithographiée. Leide, 1841. 8. p. 11. 12.

Die Reizung des Rückenmarkes in der Gegend des siebenten Wirbels erzeugt nach van Deen nur dann Zuckungen der Zehenmuskeln, wenn der N. pudendus s. coccygeus ausnahmsweise mit zwei Wurzeln entspringt. Die weiter nach hinten gelegenen Endtheile des Rückenmarkes rufen wenigstens keine irgend in die Augen fallenden Bewegungen hervor. Reizung der einen Seitenhälfte regt bisweilen nur die Muskeln der entsprechenden Körperhälfte an, während die der Mittelstücke, welche den beiden seitlichen Theilen des Rückenmarkes angehören, auch die entsprechende Gesammtmuskulatur des Frosches in Bewegung setzt.

Oeffnet man bei einem Hunde den Zwischenraum zwischen dem Hin- 1494
terhaupte und dem Atlas und geht nun mit einer Staarnadel ein, so überzeugt man sich, daß alle freien äußeren Theile des verlängerten Markes, die Pyramiden, die seitlichen, den Oliven des Menschen analog gelagerten Stränge, die strickförmigen Körper, die Varolsbrücke und der größte Theil der Oberfläche des vierten Ventrikels einen hohen Grad von Empfindlichkeit besitzen (Magendie). Legt man die Ursprungsstellen der Fasern des herumschweifenden Nerven bei einem Kaninchen bloß, so reicht der geringste Contact der Umgebung derselben mit der Nadel hin, um dem Thiere die heftigsten Schmerzenstöne zu entlocken. Dagegen zeigt sich hier die nächste Umgebung der sogenannten Schreibfeder und vorzüglich die ganze Oberfläche der Sylvischen Wasserleitung in so hohem Grade unempfindlich, daß man eine Sonde nach den Versuchen von Magendie[1]) ohne alle Reaction bis in den dritten Ventrikel durchzuführen vermag. Jede Verletzung der inneren Theile des verlängerten Markes bedingt allgemeine und sehr starke Zuckungen, die auch, wenn das Leben nicht sogleich durch Erstickung zu Grunde geht, von Schmerzensäußerungen begleitet werden.

Es leidet keinen Zweifel, daß alle motorischen Fasern des Rumpfes 1495
von dem Rückenmarke aus in das verlängerte Mark einstreichen. Die Zerstörung der Medulla oblongata ruft sogleich lebhafte Krämpfe des Rumpfes und aller vier Extremitäten hervor. Bewegende Fasern der letzteren erstrecken sich auch, wie wir sehen werden, in das große und kleine Gehirn. Ist dieses aber der Fall, so können sie nur aus dem verlängerten Marke durch die Großhirnschenkel und die verschiedenen Kleinhirnschenkel in die genannten Theile des centralen Nervensystemes gelangen.

Die Untersuchung der Verhältnisse des Gehirns wird uns das Re- 1496
sultat liefern, daß seine rechte Hälfte motorische Fasern der linken und seine linke solche der rechten Körperhälfte enthält. Da nun eine Kreuzung der Art im Rückenmarke noch nicht Statt findet, so muß sie in dem verlängerten Marke liegen. Es fragt sich jedoch, ob sie schon bei dem Beginn der Medulla oblongata vollständig oder unvollständig zu Stande kommt, oder erst an einer späteren Stelle derselben hervortritt. Obwohl dieser Punkt von verschiedenen Forschern verschieden beantwortet worden, so läßt sich doch gegenwärtig nicht nur der Grund dieser Differenz, sondern auch das wahre Verhältniß ziemlich genau angeben. Die erste deutliche seitliche Kreuzung, welche wir von dem Rückenmarke aus antreffen,

---

[1]) F. Magendie Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Aus dem Französischen übersetzt von G. Krupp. Leipzig, 1841. 8. S. 160.

ist die der Pyramiden. Sie umfaßt jedoch nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil der Fasern, so daß sich die Decussation der Nerven beider Extremitäten aus ihr allein nicht erklären ließe. Die seitliche Durchkreuzung setzt sich aber weiter nach vorn in dem Innern des verlängerten Markes immer mehr fort, bis endlich die ausgewechselten Fasern durch die Groß- und Kleinhirnschenkel austreten [1]). Durchschneiden wir mithin die Hälfte des verlängerten Markes ganz an dem Anfange der Pyramidenkreuzung, so werden wir nur seitlich entsprechende Wirkungen erhalten. Etwas weiter nach vorn müssen die Pyramiden decussirte, die strickförmigen Körper einfache Effecte bedingen, während endlich die Decussation in dem vordersten Theile der Medulla oblongata, so weit sich dieses beurtheilen läßt, vollständig durchgreift.

Hieraus erklärt sich, weshalb Flourens [2]) bei Tauben und Magendie [3]) und Hertwig [4]) bei lebenden Säugethieren, z. B. Hunden, keine Kreuzungserscheinungen wahrnahmen, während Calmeil [5]) dieselben an den hinteren, nicht aber den vorderen Strängen beobachtete. Ich selbst erhielt bei Fröschen an der hinteren Grenze der Medulla oblongata einfache, an der vorderen dagegen gekreuzte Erfolge [6]). Budge [7]) bemerkte das Gleiche bei frisch getödteten Katzen und fand sogar dicht hinter der Pons ungleiche Verhältnisse beider Extremitäten. Reizung der linken Seite des verlängerten Markes ganz nahe an der Brücke bewegte das rechte Hinterbein oder den linken Vorder- und den rechten Hinterfuß. Hiernach scheint auch die Kreuzung der später in das Rückenmark eintretenden Fasern der vorderen Extremitäten weiter nach vorn über der Brücke zu erfolgen. Die Möglichkeit der Mittheilung, welche in dem Rückenmarke vorhanden ist, raubt jedoch diesem Versuche seine definitive Beweiskraft.

1497 Das verlängerte Mark und die mit ihm so innig verbundene Varolsbrücke nimmt nicht bloß alle von dem Rückenmarke emporsteigenden sensiblen und motorischen Fasern, sondern einen beträchtlichen Theil der Hirnnerven in sich auf. Dieses versteht sich von dem Zungenschlundkopf-, dem herumschweifenden, dem oberen Theile des Beinerven und dem Zungenfleischnerven, deren Wurzelfasern von der Medulla oblongata abgehen, von selbst. Allein auch der dreigetheilte, der Rollmuskel-, der Antlitz-

---

1) S. Th. v. Sömmerring Hirn- und Nervenlehre. Neue Umarbeitung. Leipzig, 1841. 8. S. 262—69.

2) P. Flourens Récherches expérimentales etc. p. 121.

3) F. Magendie Handbuch der Physiologie. Dritte Auflage. Uebersezt von Heusinger. Thl. I. Eisenach, 1834. 8. S. 351.

4) H. Hertwig Experimenta quaedam de effectibus laesionum in partibus encephali singularibus et de verosimili harum partium functione. Berolini, 1826. 4. p. 24. 25.

5) F. A. Longet Anatomie et physiologie du système nerveux. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 400.

6) De functionibus nervorum p. 134.

7) J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Erstes Heft. Frankfurt a. M., 1841. 8. S. 21. 22.

und der Hörnerv begeben sich mit sehr vielen, der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv und vielleicht selbst der Sehnerv mit einem Theile seiner Fasern in den Hirnknoten und die Medulla oblongata, so daß diese beiden Gebilde zusammen gleichsam die Concentrationsstellen der Primitivfasern der meisten Körpernerven darstellen.

Die anatomische Untersuchung lehrt, daß die Fasern des Antlitznerven, 1498
welche nach Retzius mit den Oliven in inniger Beziehung stehen, innerhalb der Längsfasern der Brücke sehr nahe bei denen des dreigetheilten Nerven verlaufen. Es wird daher vielleicht von hier aus das rasche Spiel der Mimik des Gesichtes zunächst vorbereitet. Eben so haben die Bewegungen der Athemorgane größtentheils in derjenigen Parthie des verlängerten Markes, die sich an und vor dem Abgange der Wurzeln des herumschweifenden Nerven befindet, ihren Sitz. Die graue Substanz endlich, welche vor und neben dem Rückenmarkscanale liegt und in welche der größte Theil der Primitivfasern des Zungenfleischnerven eintreten, der von Stilling[1]) sogenannte Hypoglossuskern, ruft nach diesem Forscher, wenn er unmittelbar nach dem Tode gereizt wird, lebhafte Bewegungen der Zunge hervor.

Es ließe sich theoretisch erwarten, daß die sensiblen Fasern, welche 1499
sich aus dem verlängerten Marke nach dem großen und dem kleinen Gehirn begeben und in diesen Theilen nach allen Seiten hin verbreiten, diesen Gebilden ebenfalls, wie dem verlängerten Marke, einen hohen Grad von Empfindlichkeit verleihen. Allein die Erfahrung führt in dieser Hinsicht zu der Erkenntniß einer Reihe von Eigenthümlichkeiten, für welche uns noch ein sicherer Erklärungsgrund gäuzlich mangelt. Legt man bei einem Säugethiere oder Vogel, z. B. einem Kaninchen, einer Katze, einem Hunde, einer Taube, einer Ente die Großhirnhemisphären bloß, so hat hierdurch das Thier nicht im Geringsten das Vermögen der Schmerzensperception verloren. Es fühlt, wie man deutlich sieht, jedes Kneipen der Haut. Ja die bloße Durchschneidung der dura Mater veranlaßt nicht selten eine unbestreitbare sensible Reaction. Berührt man dagegen seine Großhirnhemisphären oder sticht selbst durch sie eine Sonde bis auf die Schädelbasis durch, so bleibt es vollkommen ruhig. Es zuckt und schreit nur dann, wenn man zufällig den dreigetheilten Nerven, die Großhirnschenkel, den Sehhügel, das verlängerte Mark, d. h. fremdartige sensible Theile getroffen hat. Nimmt man nun jede Großhirnhemisphäre scheibenweise bis auf das Centrum semiovale Vieussenii oder die Höhle der Seitenventrikel hinweg, so verhält sich das Kaninchen z. B. eben so indifferent dabei, als wenn man ihm die Nägel oder die Haare abschnitte. Die gleichen Erscheinungen wiederholen sich auch bei dem Menschen. Es ist schon mehrfach beobachtet worden, daß man Personen ein Stück der Großhirnhemisphären, welches z. B. durch eine Schädelwunde vorgefallen war, ohne die geringste Reaction abschnitt, oder daß Chirurgen Parthieen

[1]) B. Stilling über die Textur und Function der Medulla oblongata. Erlangen, 1843. 4. S. 57.

der Hemisphärenmasse bei Entleerung von Eiter oder anderen fremden Körpern mit dem Löffel entfernten, ohne daß der Kranke das Geringste davon merkte.

Diese Unempfindlichkeit der Großhirnhemisphäre macht es möglich, daß man die inneren Theile des Gehirns lebender Thiere auf kürzerem und weniger schmerzhaftem Wege, als es sonst anginge, bloßzulegen im Stande ist. Man braucht nämlich nicht erst bei jungen Kaninchen, Katzen oder Hunden die Schädeldecke für sich zu entfernen, sondern schneidet mit einem scharfen Messer den oberen Theil des Schädeldaches nebst den ihm anliegenden Großhirntheilen in einem Zuge los. Wird die Operation sehr rasch vollführt, so geben die Thiere dabei nicht selten gar keinen Schmerzenston von sich.

1500 Viele andere Parthieen des großen und des kleinen Gehirns zeigen die gleiche Unempfindlichkeit. Hebt man die Großhirnhemisphäre in die Höhe und reizt die an der Basis befindlichen Windungstheile derselben oder die ihnen correspondirenden Gebilde, so fehlt alle Reaction. Dasselbe wiederholt sich, wenn man den Hirnanhang mit dem Trichter verletzt. Entfernt man bei einem Kaninchen ein langes dünnes Knochenblatt dicht neben dem Sinus longitudinalis superior, geht dann mit einem Scalpell zwischen den beiden Großhirnhemisphären bis auf die Schädelbasis ein und durchschneidet den Balken, die durchsichtige Scheidewand, das Gewölbe, die vordere Commissur und den Boden des dritten Ventrikels, so verhält es sich bei allen diesen Verletzungen vollkommen ruhig. Das Resultat ändert sich sogar nicht, wenn man das Messer etwas zu weit nach außen eingestoßen und so die inneren Theile der Großhirnhemisphäre selbst angegriffen hat. Begiebt man sich dagegen zu weit nach hinten, so daß man die N. N. oculomotorii, die Großhirnschenkel oder gar die Varolsbrücke mit dem verlängerten Marke erreicht, so schreit das Thier laut auf. Hat man nach Entfernung des Schädeldaches und des oberen Theiles der Großhirnhemisphären den Balken bloßgelegt, so kann man seine Oberfläche mit einem Stilette, so viel man will, reiben, ohne daß sich das Kaninchen im Geringsten um diesen Eingriff kümmert.

1501 Ist der Seitenventrikel geöffnet worden, so ruft jede mechanische Reizung der äußeren und vorderen Theile des Streifenhügels keinen Schmerz hervor. Es wird aber um so merklicher, je mehr man sich den Großhirnschenkeln nähert und besitzt nicht selten, so wie man diese selbst angreift, eine bedeutende Intensität. Jede Verletzung des Sehhügels bedingt eine merkliche Gegenwehr. Kaninchen brummen bisweilen dabei, während Hunde bellende Töne von sich geben (Magendie)[1]. Wie sich in dieser Hinsicht das Ammonshorn und die anderen Theile des Unterhornes des Seitenventrikels verhalten, ist noch unbekannt.

1502 Die Zirbeldrüse selbst oder ihre nach den Sehhügeln hinübergehenden Stiele können bei Kaninchen ohne Schmerzensäußerungen entfernt werden[2]. Eine oberflächliche und leise Reizung der Vierhügel wird ebenfalls häufig ohne merkliche Wirkung ertragen. Jede tiefere Verletzung dagegen verursacht immer eine größere oder geringere Reaction. Trifft man die Haube

---

[1]) Magendie Vorlesungen über das Nervensystem S. 131.

[2]) Magendie a. a. O. S. 133.

oder den ganzen Großhirnschenkel oder das verlängerte Mark und die Brücke, so wehrt sich das Thier auf das Heftigste und schreit laut auf. Daß die Wandungen der Schreibfeder und der Sylvischen Wasserleitung ganz und gar empfindungslos sind, wurde schon §. 1494 angeführt.

Am kleinen Gehirn wiederholen sich zum Theil die gleichen Erschei- 1503
nungen wie am großen. Jede oberflächliche Reizung der Hemisphären oder des Wurmes bleibt unbeantwortet. Man kann von beiden Theilen Scheiben bis zu einer gewissen Tiefe losschneiden, ohne daß das Thier etwas merkt. Dagegen entstehen schon häufig Schmerzen, so wie man die Unterfläche dieser Organe verletzt oder bis in das Innere des Ciliarkörpers vordringt. Ob jedoch diese Sensibilitätserscheinungen durch eine gleichzeitige Zerrung der Kleinhirnschenkel zu Stande kommen oder nicht, bleibt vorläufig dahingestellt. Die Durchschneidung der verschiedenen Kleinhirnschenkel, welche zu dem verlängerten Marke oder der Brücke hinübergehen, ist immer mit den stärksten Schmerzen verbunden.

Stellen wir nun zuvörderst die sensiblen und insensiblen Theile des centralen Nervensystemes zusammen, so erhalten wir folgende Tabelle:

Centraltheile des Nervensystemes	
empfindlich.	unempfindlich.
Rückenmark, vorzüglich die hintere und seitliche Oberfläche desselben.	Umgebung des Calamus scriptorius und Wandung der Sylvischen Wasserleitung.
Boden des vierten Ventrikels.	Zirbeldrüse und Pedunculus conarii.
Strickförmige Körper, Olivenstränge, Pyramidenstränge und Brücke.	(Vorzüglich obere und äußere) Rindentheile der Hemisphären und des Wurmes des kleinen Gehirns.
Crura cerebelli ad pontem und ad medullam oblongatam.	Wandungen des dritten Ventrikels (Commissura mollis). Trichter und Hirnanhang. Vordere Commissur. Gewölbe. Durchsichtige Scheidewand. Balken.
Innerer und unterer Theil des kleinen Gehirns?	Körper des Streifenhügels.
Zum Theil die Vierhügel und vorzüglich die Hauben und die Großhirnschenkel überhaupt.	Graue und weiße Masse der Windungen der Hemisphären des großen Gehirns. Centrum semiovale Vieussenii und Dach der Seitenventrikel.
Sehhügel und innerer Ursprungstheil der Streifenhügel.	

Viele Forscher erklären diese Erscheinungen einfach daraus, daß das verlängerte Mark mit der Brücke die Organe seien, durch welche der Schmerz überhaupt empfunden wird und daher die über ihnen oder jenseits derselben gelegenen Organe noch so heftige sensible Reize nicht mehr auffassen können. Wäre dieses richtig, so dürften weder die Klein- noch die Großhirnschenkel Schmerzensempfindungen verursachen. Jeder andere Erklärungsversuch scheitert aber vorläufig noch an unseren unvollständigen Kenntnissen der Thätigkeiten der verschiedenartigen Nervenkörper des centralen Nervensystemes.

Die bedeutende Empfindlichkeit der Großhirnschenkel, der Brücke und des verlängerten Markes giebt sich auch häufig genug durch die unerträglichen Schmerzen, an welchen Kranke mit Caries, Geschwülsten, Aneurysmen an der Basis cranii leiden, zu erkennen. Eben so bewirken Tuberkeln und andere Ablagerungen an der Grundfläche des Gehirns heftige Kopfschmerzen, indem sie entweder die empfindlichen Theile des Gehirns ausdehnen oder drücken oder beide Wirkungen zugleich ausüben. Congestionen und Entzün-

dungen müssen, indem sie sich ohne Unterschied auf die empfindlichen und unempfindlichen Gebilde erstrecken, die gleichen Folgen verursachen. Allein die chirurgische Erfahrung lehrt auch, daß ein vorgefallenes entzündetes oder zum Theil vereitertes Stück der Großhirnhemisphäre eben so insensibel, wie ein gesundes erscheint. In dasselbe eingedrungene Knochen- oder Glassplitter, darin haftende Kugeln, eingeschlagene Eisenstücke u. dgl. veranlassen eben so wenig Schmerz, als die Exstirpation verrotteter Hemisphärentheile selbst.

Was man im gewöhnlichen Leben mit dem allgemeinen Namen des Kopfschmerzes bezeichnet, besteht häufig in keiner bloßen Affection des Gehirns, sondern auch in einer peripherischen Reaction einzelner sensibler Nerven, vorzüglich des Trigeminus. Hierher gehören z. B. der Stirnschmerz bei Katarrhen und ähnlichen Leiden, die Empfindlichkeit und das Thränen des Auges, die Sensibilität der Haarwurzeln, das Stechen im Ohre, das Ziehen in der Schläfe, der Wange und anderen Theilen des Gesichtes, bei Migraine u. dgl. mehr. Sind einmal die empfindenden Theile des Gehirns oder der Nervenwurzeln zu schmerzhaften Reactionen gestimmt, so muß jede sie treffende Bewegung den unangenehmen Eindruck verstärken. Er vergrößert sich daher, wie die tägliche Erfahrung lehrt, durch fernere Congestionen nach dem Kopfe, durch kräftige Bewegungen desselben, durch heftige Exspirationen, wie sie bei dem Husten, Niesen, Schluchzen, dem Drücken dem Stuhlgange vorkommen, und endlich durch relativ angestrengtes Denken. Oft wird auch der Kopfschmerz durch eine ungleiche Vertheilung der Blutmasse und eine übermäßige Anhäufung derselben im Gehirn hervorgerufen. Anhaltende Stuhlverstopfung bedingt ihn auf diese Weise, während ihm starke Laxantien leicht entgegenwirken.

1504 Hält man sich nur an die in jeder Beziehung zuverlässigen Versuche, welche in Betreff des kleinen und großen Gehirns und der Groß- und Kleinhirnschenkel angestellt worden, so ergiebt sich als allgemeines Resultat, daß die Lähmung der Rumpf- und Extremitätenmuskulatur, welche nach einseitiger Verletzung der genannten Centraltheile des Nervensystemes erfolgt, den Gesetzen der Kreuzung folgt. Entfernt man bei einem Säugethiere oder Vogel die Hemisphäre des großen und des kleinen Gehirns der rechten Seite, so wird die linke Körperhälfte, und umgekehrt, gelähmt. Das Gleiche kehrt auch bei dem Menschen in den bei Weitem meisten Fällen von Hemiplegie wieder. Die Leiche eines Mannes, der z. B. links halbseitig gelähmt war, wird uns in der Regel ein Extravasat, ein Eiterdepot oder einen Erweichungsheerd in der rechten Hirnhälfte darbieten.

1505 Die Gesichtsmuskeln folgen häufig derselben Kreuzungsregel, können jedoch auch an der leidenden Hirnseite paralysirt sein. Das Gleiche gilt von den Augenmuskeln. In dem ersteren Falle ist mithin der Mund nach der gesunden Körperseite hin verzogen, während das Auge der paralytischen nach innen schielt. Der weiche Gaumen steht dann auch häufig schief nach der gesunden Seite hin.

Die Verhältnisse der Zunge erfordern in solchen Fällen eine genauere Berücksichtigung. Wir finden z. B. häufig, daß die linke Seite des Gesichtes, der linke Arm und Fuß eines Menschen gelähmt sind und daher der Mund nach rechts verzogen wird. Die in der Mundhöhle ruhig liegende Zunge zeigt keine auffallende Verzerrung. Streckt sie dagegen der Kranke zum Munde heraus, so steht ihre Spitze schief und zwar nicht nach der gesunden, sondern nach der kranken, d. h. nach der linken Seite hin gerichtet. Diese Thatsache könnte uns leicht zu der Annahme verleiten, daß die rechte Zungenhälfte gelähmt sei und mithin in Betreff des Hypoglossus keine Kreuzungs-, sondern eine directe Wirkung, die auch an ihm wie am Facialis vorkommen kann, Statt finde. Etwas der Art ist jedoch nicht nothwendiger Weise der Fall. Denn sind die linken Zungenmuskeln ihrer Kraft beraubt, so werden die rechten allein die Zunge vorschieben können. Ziehen sie sich aber ohne Gegenwirkung ihrer seitlichen Antagonisten zusammen, so müssen sie

die Zungenspitze nach der linken Seite hinwenden. Der Umstand, daß sie nach der Seite der Hirnabnormität gerichtet ist, beweist mithin gerade, daß dann auch der Hypoglossus dem allgemeinen Gesetze der Kreuzungswirkung gehorcht. Dieses Theorem ließe sich sogar, wie man leicht sieht, in Anwendung bringen, wenn selbst die in der Mundhöhle ruhende Zunge die genannte abnorme Richtung ihrer Spitze darböte.

Eine sehr fleißige Zusammenstellung älterer, freilich noch, wo möglich, kritisch zu sichtender Sectionsresultate, welche die Kreuzungsverhältnisse betreffen, hat C. F. Burdach in seinem Werke Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig, S. 367—74 gegeben. Hiernach war z. B. die Lähmung der Extremitäten in 258 Fällen nur 15 Mal auf derselben und 243 Mal auf der entgegengesetzten Seite wie der Hirnfehler. Unter 38 Fällen erschien die Gesichtslähmung in 10 gleichseitig und in 28 ungleichseitig.

Manche Theile des Gehirns besitzen einen directen Einfluß auf ein- 1506 zelne Gebilde, welche von Cerebralnerven versorgt werden. Jede Reizung der Vierhügel lebender Thiere bewirkt, daß sich die Augenmuskeln zusammenziehen, die Pupille verändert und zwar in der Regel verkleinert. Obwohl alle diese Effecte kreuzweise erfolgen, so kann sich doch auch die Regenbogenhaut des entsprechenden Auges gleichzeitig mitcontrahiren (Flourens)[1].

Legte ich bei einem frisch getödteten jungen Kaninchen die Seitenventrikel und die Gesichtsmuskeln bloß, so erhielt ich Zuckungen des Buccinator und der benachbarten Antlitzmuskeln der linken Seite, wenn ich entweder den rechten Streifen- oder den ihm benachbarten Sehhügel anstach. Die Contractionen hörten bald auf und wiederholten sich, so oft ich das Corpus striatum oden den Thalamus N. optici von Neuem angriff. Eben so bewegten sich die Tasthaare der entgegengesetzten Seite und die Zunge neugeborener Katzen in wiederholten Versuchen sehr lebhaft, sobald ich den Sehhügel mit seinen benachbarten Wandungen des Seitenventrikels schichtenweise abtrug. Diese Beobachtung erläutert uns die Kreuzungslähmung der Muskulatur des Gesichtes, welche so häufig Hemiplegien begleitet. Reizte ich rechts den hinteren Gewölbschenkel oder das Ammonshorn am Anfange des Unterhornes des Seitenventrikels junger Kaninchen in gleicher Weise, so zuckte die linke Hälfte des Orbicularis oris sehr stark. Jedoch ist mir dieser Versuch bei jungen Kätzchen nur einmal gelungen.

Der Einfluß, welchen die Centraltheile auf die Bewegungen der Ein- 1507 geweide der Brust und des Unterleibes ausüben, läßt sich nicht bloß aus täglichen allgemeinen Erfahrungen, wie dem Eintritte von Herzklopfen, Diarrhö, Harnercretion, Samenergießung u. dgl. nach Gemüthseffecten und aus Krankheitsbeobachtungen erschließen, sondern auch durch Versuche an frisch getödteten Thieren direct beweisen. Man erstickt sie zu diesem Zwecke durch eine um die Luftröhre geschnürte Ligatur, öffnet unmittelbar nach dem Tode den Schädel, die Brust- und die Bauchstöhle und greift die entsprechenden Centraltheile des Nervensystemes mit dem Messer und dann mit einem in Salpetersäure eingetauchten Glasstilett sogleich an. Experimentirt man an einer größeren Zahl von Hunden, Katzen oder Kanin-

[1]) a. a. O. p. 144.

chen, so gelangt man zu einer Reihe von Resultaten, welche eine ziemlich vollständige Gesammtübersicht liefern.

Man bemerkt zuvörderst, daß die Zerstörung des verlängerten Markes und des Rückenmarkes örtliche Zuckungen der Ventrikel des Herzens oder Bewegungen des Magens, der dünnen oder der dicken Gedärme, des Mastdarmes, der Harnblase, der Samenleiter oder der Tuben anzuregen im Stande ist. Beeilt man sich sehr mit der Beobachtung, so wird man sogar finden, daß man kaum ein Thier in dieser Beziehung prüft, ohne wenigstens die eine oder die andere der angeführten Erscheinungen wahrzunehmen. Was aber die übrigen Hirntheile betrifft, so haben in dieser Beziehung die Beobachtungen von Budge[1]) und mir zu folgenden, der Kürze wegen tabellarisch zusammengestellten Ergebnissen geführt.

Hirntheil.	In Bewegung gesetzte Eingeweide.
Streifenhügel, zum Theil Sehhügel, Centrum semiovale Vieussenii, Stabkranz, Balken und Gewölbe.	Herz.
Streifenhügel.	Magen und zum Theil die dünnen und dicken Gedärme, so wie der Mastdarm. (Zwerchfell.)
Sehhügel.	Magen, dünne und dicke Gedärme, Mastdarm. (Zwerchfell.)
Hauben und Basen der Großhirnschenkel.	Magen, dünne und dicke Gedärme, Mastdarm, Harnblase.
Kleines Gehirn.	Magen, dünne und dicke Gedärme, Mastdarm, Harnblase und innere Geschlechtstheile, z. B. Vasa deferentia oder Tuben.

Bei einem Kaninchen gerieth auch der Mastdarm in lebhafte stoßende Bewegung, wenn man die Hintertheile der Großhirnhemisphäre verletzte.

Die Beweiskraft dieser Erfahrungen ist von einzelnen Forschern in Zweifel gestellt worden. Manche von ihnen[2]) glaubten einen erheblichen Gegengrund in negativen Resultaten oder dem häufigen Mißlingen solcher Versuche zu finden. Allein wenn überhaupt Eine positive Erfahrung, deren man sicher ist, in der Physiologie mehr gilt, als hundert negative, so verdient sie noch unter den Verhältnissen, in welchen solche Experimente angestellt werden können, eine besondere Berücksichtigung. Man tödtet das Thier. Die Reizbarkeit verschwindet in wenigen Minuten. Kurze Zeit nach dem Tode ruft die Durchschneidung des Rückenmarkes keine Convulsionen der Hinterbeine, die Zerstörung des einen Großhirnschenkels keine Zuckungen der entgegengesetzten oder entsprechenden Körperhälfte hervor. Was würde man sagen, wenn Jemand hieraus schließen wollte, daß das Rückenmark oder die Crura cerebri keinen Einfluß auf die Bewegungen der Extremitäten ausüben? Wenn aber Jeder mit Recht solche negative Ergebnisse als keinen Gegenbeweis gegen die Abhängigkeit der Thätigkeit der willkürlichen Muskeln von dem centralen Nervensysteme ansieht, wenn er in dieser Hinsicht Eine positive Erfahrung

---

[1]) J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Erstes Heft. Frankfurt am Main, 1841. 8. S. 124 fgg. Heft II. 1842. 8. S. 1 fgg.

[2]) R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. S. 499 u. 511. Stilling in Schmidt-Göschen's Jahrbüchern der gesammten Medicin. Bd. 42. S. 13—15. Volkmann in Müller's Archiv, 1842. S. 372 fgg.

für beweisender hält, als eine noch so große Menge negativer, warum soll nicht auch dieselbe Logik für die Eingeweide der Brust- und der Bauchhöhle gelten? Abstrahiren wir selbst von demjenigen, was die unmittelbare physiologische Beobachtung des unverletzten Menschen und die Pathologie täglich an die Hand giebt, so muß selbst die schon früher widerlegte Theorie der Selbstständigkeit des Sympathicus aus doppelten Gründen einen Einfluß der Centraltheile auf die genannten Eingeweide gestatten. Denn 1) hängt z. B. die Bewegung des Herzens oder des Magens von einfachen Hirnnerven, wie dem Vagus und Accessorius ab, so daß eine Verletzung der Medulla oblongata diese Theile nach den Gesetzen der Nervenphysiologie in Thätigkeit setzen wird, und 2) gesetzt, es entsprängen auch wahrhaft eigenthümliche ächte Nervenfasern in den Ganglien, — was, wie wir gesehen haben, nicht Statt findet — so werden wir genöthigt, die Möglichkeit der Uebertragung einer Reizung der in die Knoten eintretenden Cerebrospinalfasern auf diese supponirten Ganglien-Nervenfasern anzunehmen, weil schon jede Verletzung der Vierhügel und der Hauben Veränderungen der Pupille hervorruft.

Man hat als Haupteinwand vorgebracht, daß der Einfluß der Atmosphäre die Eingeweide der Brust- und Bauchhöhle nach dem Tode von selbst in Bewegung setze und solche Contractionen von Neuem zu unbestimmten Zeiten erneuere, so daß man nicht wisse, was diesen Momenten und was der Reizung der Centraltheile angehöre. Ich hatte selbst schon diese Verhältnisse bei den Versuchen über die Thätigkeit des Sympathicus berücksichtigt [1]) und daher auch natürlich nicht bei diesen Experimenten außer Acht gelassen. Allein ein genaueres Studium lehrt, daß man nichts desto weniger bei gehöriger Vorsicht zu positiven Ergebnissen gelangen kann.

Oeffnet man die Bauchhöhle eines frisch getödteten Thieres und hütet sich, die Eingeweide anzugreifen oder indirect mechanisch zu erregen, so gerathen in der Regel die dünnen Gedärme durch den bloßen Reiz der atmosphärischen Luft in lebhafte Peristaltik. Die dicken bleiben meistentheils, wenn man sie nicht mit den Fingern angefaßt oder geschüttelt hat, in Ruhe und eben so der Mastdarm. Ziehen sich aber selbst diese Gebilde zusammen, so sind ihre Contractionen weit gelinder, als nach den bald zu erwähnenden Nervenreizen. Das Gleiche gilt von der Harnblase. Automatische wurmförmige Bewegungen des Magens oder des Vas deferens ohne mechanischen oder chemischen Anspruch habe ich, obgleich ich Hunderte von Thieren in dieser Hinsicht zu beobachten Gelegenheit hatte, in keinem Falle gesehen.

Reizt man aber die oben genannten Hirntheile, so findet sich in Einzelfällen, daß sich der Magen in seiner Mitte tief einschnürt und in lebhafte Peristaltik, vorzüglich an seiner Pförtnerhälfte, geräth. Der Dickdarm zieht sich bisweilen so stark zusammen, wie es die dünnen Gedärme von selbst thun. Der Mastdarm geräth in eine lebhafte Stoßbewegung, so daß sein senkrechter Theil gegen den After hinab und dann wieder, wie ein Pumpenstiel, hinauf geführt wird — eine Heftigkeit und Modalität der Contraction, welche er durch den bloßen Reiz der Luft nie annimmt. Die Harnblase geräth in so stürmische Contraction, daß der Urin in einem Strahle hervorspritzt. Die Tuben bieten die lebhafteste Peristaltik dar, und die Vasa deferentia gerathen bei brünstigen Thieren in eine solche Wurmbewegung, daß sie die auffallendsten Schlangenlinien gleich einer kleinen Annelide beschreiben. Die Positivität solcher Effecte ist mithin nicht bei unpartheiischer Auffassung der Sachlage in Abrede zu stellen.

Man wählt am besten, um alle störenden mechanischen Erschütterungen zu vermeiden, jüngere Thiere, vor Allem Katzen, nächst ihnen auch Hunde oder Kaninchen, tödtet sie durch eine um die Luftröhre geschnürte Ligatur, schneidet rasch die Schädeldecke mit der Scheere durch, legt dann das Cadaver so, daß alle Theile das gehörige Licht erhalten, und öffnet erst zuletzt den Unterleib. Hierbei vermeidet man jede Berührung der Eingeweide und darf nicht den Leichnam von seiner Stelle rücken, weil sonst leicht peristaltische Bewegungen, vorzüglich der dicken Gedärme oder des Mastdarmes, welche länger als die Reizbarkeit der Centraltheile des Nervensystemes dauern, entstehen können. Diese letzteren werden zuerst mit dem Messer und dann mit einem in Salpetersäure getauchten Glasstabe angegriffen.

Eine automatische Peristaltik der dünnen Gedärme ist natürlich nicht trotz aller Vorsicht, welche man bei der eben erwähnten Versuchsmethode anwendet, zu vermeiden. Sieht

---

[1]) De functionibus nervorum p. 62. Nota 2.

man daher auch, daß sie nach der Reizung bestimmter Hirntheile an einzelnen Punkten neu entsteht oder wesentlich verstärkt wird, so können solche Thatsachen keine Beweise liefern, weil der Reiz der Luft oder die geringste mechanische Erschütterung dasselbe zu bewirken vermag. Um daher auch hier positivere Resultate zu erzielen, verfuhr ich folgendermaßen. Es wurde bei einem frisch getödteten Meerschweinchen die künstliche Athmung eingeleitet und dann mit Ruhe die Bauchmuskulatur dergestalt losgetrennt, daß die dünnen Gedärme durch das Peritoneum hindurchschimmerten. Man legte hierauf das kleine Gehirn bloß. Die Eingeweide blieben vollkommen ruhig. So wie dagegen die Hemisphären des kleinen Gehirns und vorzüglich der Wurm desselben mechanisch gereizt wurde, entstand sogleich ein wahrer Sturm von Peristaltik in den dünnen Gedärmen. Noch besser gelangen mir später die gleichen Versuche an Katzen, welche einige Monate alt waren. Das Gehirn des unmittelbar vorher durch eine Halsligatur getödteten Thieres wurde zuvörderst frei gemacht und dann der Obliquus abdominis externus und internus getrennt. War dieses geschehen, so wurde der Rectus abdominis mit einem Scalpellstiele vorsichtig abgehoben. Es gelang auf diese Weise, eine Strecke des Bauchfelles dicht neben der Linea alba vollkommen zu isoliren, ohne daß die geringste Verletzung desselben Statt fand. Die deutlich durchschimmernden dünnen Gedärme verhielten sich vollkommen ruhig. Sie geriethen aber sogleich in Bewegung, so wie die Großhirnschenkel oder das kleine Gehirn gereizt wurden. Bald darauf standen sie wieder still. Ich wiederholte die Reizung von Neuem, und eine abermalige Peristaltik bildete wiederum die Folge des Versuches. Nach ihr trat von Neuem Ruhe ein. Ist aber nur das kleinste Loch im Bauchfelle, wie dieses häufig geschieht, während der Präparation entstanden, so eignen sich solche Thiere nicht mehr zu Versuchen über die Verhältnisse der dünnen Gedärme.

Das Herz bietet in dieser, wie in seinen übrigen nervösen Beziehungen die meisten Schwierigkeiten dar. Es pulsirt, wenn man die Brusthöhle eines eben getödteten Säugethiers öffnet, im Ganzen oder in seinen einzelnen Theilen, vorzüglich den Vorhöfen fort, steht dann, so weit sich die Sache mit dem freien Auge beurtheilen läßt, vollkommen still und beginnt bisweilen seine Schläge von Neuem, ohne daß wir uns von irgend einer Veranlassung Rechenschaft geben können. Mechanische Erschütterungen rufen sie oft hervor, bleiben jedoch auch häufig erfolglos. Bald bewegen sich die Vorhöfe und die Kammern, bald nur einer der genannten Theile, und zwar vorzüglich die Atrien, bald endlich bloß einzelne Strecken derselben. Es entstehen mit einem Worte die mannichfachsten automatischen Wirkungen ohne besondere anregende Ursache. Sogar eine Verstärkung des Herzschlages oder eine schnellere Pulsation desselben beweist nicht mit aller Bestimmtheit, weil auch diese Erscheinungen bisweilen von selbst auftreten. Unter solchen Verhältnissen bleibt nichts übrig, als sich aus vielen wiederholten Versuchen ein Gesammturtheil zu bilden. Steht das Herz still und beginnt wiederum, wie ich es in früheren und späteren Versuchen oft gesehen habe, seine Pulsationen von Neuem oder macht an seinen Ventrikeln eine Reihe von örtlichen, bald wieder aufhörenden Zuckungen, wenn ich den Balken und das Gewölbe oder das verlängerte Mark mit einem in Salpetersäure getauchten Stabe zerstöre, so gewinnt die Vermuthung, daß hier die wahrgenommene Wirkung und die anregende Ursache nur zufällig coincidirende Dinge seien, um so mehr an Wahrscheinlichkeit, je häufiger eben beide zusammentreffen. Negative Erfahrungen hingegen haben hier eben so wenig Gewicht, als bei den übrigen Eingeweiden.

Daß Unterbrechungen des Nervenverlaufes der Primitivfasern die Effecte aufheben, erhärtet folgender Versuch. Ein männliches erwachsenes Kaninchen wurde durch eine um die Luftröhre gelegte Ligatur getödtet und nicht nur sein Gehirn, sondern auch sein Rückenmark vom zweiten Brustwirbel bis zum Becken hin rasch bloßgelegt. Blase und Mastdarm waren durch die Erschütterung oder andere Ursachen in Bewegung gerathen. Nachdem sie wieder ruhig geworden, stach ich mit einem Messer durch die vorderen Vierhügel. Es entstanden starke Contractionen der Blase und schwache des Mastdarmes. Nun wurden die hinteren Wurzeln der unteren Brust- und der Lendennerven durchschnitten. Eine erneuerte Reizung der Vierhügel hatte den früheren Erfolg. Durch Abtragung der Hemisphären und des Wurmes des kleinen Gehirns entstanden von Neuem sehr lebhafte und lange anhaltende Zusammenziehungen der Blase und schwache des Mastdarmes. Hierauf wurden die Vierhügel von Neuem gereizt. Die Wirkung auf Blase und Mastdarm blieb bei mehrfacher Wiederholung nicht aus. Sie fehlte aber, nachdem

der freigelegte Theil des Rückenmarkes zerstört worden. Nehmen wir an — was sich freilich physiologisch nicht absolut beweisen läßt —, daß die Effecte der genannten Hirnparthieen nicht durch fernere Fortpflanzung der Reizung, sondern durch directe Einwirkung auf die centralen Fasern der Blase und des Mastdarmes entstehen, so lehrt dieser Versuch, daß die Letzteren durch das Rückenmark emporsteigen und ein Theil derselben in dem kleinen, ein anderer dagegen in den Großhirnschenkeln verläuft. Wir werden in der Folge sehen, daß sich der gleiche Schluß unter der obigen Voraussetzung in Betreff der Körpernerven machen läßt.

Die Kreuzungsverhältnisse lassen sich natürlich nicht auf sichere Weise an dem Herzen und den Gedärmen nachweisen. Eher schon eignen sich hierzu die Geschlechtstheile, obgleich auch sie keine definitiven Resultate gewähren. Junge Thiere oder selbst ältere außerhalb der Brunstzeit liefern hier fast immer negative Ergebnisse. Positive sind nur bei solchen, die sich in der Brunst befinden oder ihr nahe stehen, zu erzielen. Budge sah nach Reizung der linken Kleinhirnhemisphäre und des linken Wurmtheiles Bewegungen des rechten Vas deferens, und umgekehrt. Dieselbe gekreuzte Wirkung bemerkten er sowohl als ich bei den Tuben. Dagegen kam es mir bei einem Kaninchen vor, daß die Reizung der linken Hemisphäre des kleinen Gehirns bei mehrfachen Wiederholungen Peristaltik des linken Vas deferens und solche der rechten die des rechten Samenganges veranlaßte.

Die Einflüsse der Centraltheile des Nervensystemes auf die Eingeweide der Brust- und der Bauchhöhle geben sich sowohl der gewöhnlichen, als der ärztlichen Erfahrung auf jedem Schritte zu erkennen. Hierher gehören die Wirkungen der Gemüthseffecte auf das Herz, die Empfindungen von Brennen im Magen, von abnormen Appetitarten, von Aufblähung der Gedärme bei Hysterischen, das Erbrechen nach Kopfverletzungen, die vermehrte Peristaltik und der Durchfall und Tenesmus nach Schreck, Aerger, Kummer u. dgl., die heftigen Schmerzen und Zusammenziehungen der dünnen Gedärme bei Bleikoliken, der Abgang von Urin schwachnerviger Frauen, die von den Gefühlen des Mitleids heftig angeregt werden, die krampfhafte Steifung des Gliedes und der unwillkürliche Samenverlust bei Rückenmarksleiden u. dgl. mehr. Die Physiologie muß sich bemühen, die örtlichen Ursachen dieser allgemeinen Erscheinungen nachzuweisen. Sie darf aber nicht die Existenz der Letzteren angenommenen Theorien zu Liebe in Abrede stellen.

Synergien im centralen Nervensysteme. — Während das 1508
Aequivalent des Reizes, welches eine peripherische Primitivfaser durchströmt, auf keine zweite überspringt, können Mittheilungen der Art, wie schon früher bemerkt wurde, in dem centralen Nervensysteme Statt finden. Verursacht z. B. Kitzeln der Fußsohle Lachen, so vermag dieses auf keinem anderen Wege zu Stande zu kommen, als daß die centripetal in dem Ischiadicus geleitete Anregung die Elemente des Facialis und der Athemnerven innerhalb des Rückenmarkes und Gehirns zur Thätigkeit veranlaßt. Die nackten Thatsachen, welche diesen Erscheinungen der Reflexbewegungen zum Grunde liegen, waren Redi, Whytt, Haller und anderen älteren Forschern nicht entgangen. Manche, wie Prochaska und zum Theil Legallois, Fodéra, Mayo und Burdach entwickelten schon klar, daß die Beihilfe des centralen Nervensystemes zu diesen Uebertragungen nothwendig sei. Allein erst in neuerer Zeit erläuterten Marshall Hall und Joh. Müller die Verhältnisse vollständiger und begründeten sie durch Versuche, so daß ihre Erörterung eine bleibende Stelle in der Nervenphysiologie einnahm.

Die Uebertragung centripetaler Nervenströmungen, sei es sensueller oder sensibler, auf motorische bedingt die Reflexbewegungen, und umgekehrt die centrifugaler auf centripetale die Reflexempfindungen. Außerdem können auch noch die Ursachen und Wirkungen in dieser Hinsicht gleichartig

sein. Wir erhalten auf diese Art die Mitbewegungen und die Mitempfindungen.

1509 Reflerbewegungen. — Ein einfacher Grundversuch, welcher an jedem beliebigen Wirbelthiere unter geeigneten Verhältnissen gelingt, sich aber am bequemsten an den in ihren Reizbarkeitserscheinungen so zähen Amphibien anstellen läßt, beweist zunächst deutlich, daß keine Reflerbewegung der Muskulatur des Kopfes, des Rumpfes oder der Extremitäten ohne die Vermittlung des centralen Nervensystemes möglich ist. Enthauptet man einen Frosch, so daß das verlängerte Mark und das Rückenmark am Rumpfe bleiben, und läßt den Rumpf nur einige Zeit ruhig liegen, so ruft jeder sensible Reiz, z. B. die Berührung der Zehen, der Bauchhaut, des Dünndarmes u. dgl., mehr oder minder lebhafte Bewegungen der Extremitäten hervor. Die Folgen dieses Versuches sind bisweilen so stark, daß sich das ganze enthauptete Thier lebhaft krümmt, sich mit seinen Extremitäten zu wehren scheint oder selbst weit fortspringt. Zerstört man dagegen das Rückenmark vollständig, so hören diese Erscheinungen gänzlich auf. Man kann dann die äußere Haut oder innere Organe, an welcher Stelle man wolle, leise kitzeln oder heftig drücken, mit schwachen oder starken Säuren angreifen, anschneiden oder verbrennen. Nie tritt die geringste Spur einer Reflerbewegung hervor. Hieraus folgt aber, daß sie weder durch die peripherischen Nerven noch deren Ganglien vermittelt werden kann. Diesem entsprechend rufen auch nie Hautreize, welche eine abgeschnittene Extremität afficiren, Zuckungen derselben hervor.

Die gleichen Erscheinungen kehren an dem isolirten Kopfe wieder. Drückt man das Augenlid oder reibt die Bindehaut mit einem feinen Pinsel, so schließen sich die Augendeckel. Alle Wirkung bleibt dagegen nach der Zermalmung des Gehirns aus.

Der abgehauene Schwanz einer Eidechse krümmt sich, so wie seine Haut mit einer Stecknadel berührt wird, reagirt aber auf diesen Reiz nicht mehr, nachdem das in ihm enthaltene Stück des centralen Nervensystemes zerstört worden.

Reflerbewegungen der Augenlider und der Extremitäten lassen sich auch nicht selten bei Säugethieren hervorrufen. Nur muß man den Versuch unmittelbar nach dem Tode anstellen, weil die Empfänglichkeit für diese Anregungen in der Regel binnen wenigen Minuten verloren geht. Sie erhält sich im Warmen und bei jungen Thieren etwas längere Zeit.

Wer sich mit Versuchen an frisch getödteten Säugethieren beschäftigt, hat sehr häufig Gelegenheit, Reflerbewegungserscheinungen an den verschiedensten Körperstellen zu beobachten. So z. B. schließen sich die Augenlider nach der Reizung derselben oder nach der der Bindehaut; die Gesichtsmuskeln und vorzüglich die Lippen bewegen sich nach Berührung ihrer äußeren Haut oder nach dem Anspannen ihrer Bart- oder Tasthaare. Die Zunge erzittert, wenn man über ihre Schleimhaut hinfährt. Kitzelt man die Innenhaut des weichen Gaumens oder des Pharynx mit einem Federbarte, so entstehen Schluckbewegungen. Reibt man die Schleimhaut des Kehlkopfes, so zucken einzelne Muskeln desselben. Leitet man die künstliche Athmung ein, so belebt sich der Herzschlag. Führt man ein Stilett in den After und reibt die Ränder der Mündung desselben, so verengert oder schließt sich die letztere. Reizt man den Penis brünstiger Männchen, so entstehen bisweilen peristaltische Bewegungen der Samenblasen (z. B. des Igels) und

des Vas deferens. Friction der Scheidenschleimhaut hat sehr häufig peristaltische Bewegungen der Tuben zur Folge. Kneipen der Bauchhaut ruft Zuckungen der Bauchmuskeln, Reizung des Dünndarmes oder der Extremitätenhaut Bewegungen der Füße hervor. Natürlicher Weise lassen sich wiederum diese Beobachtungen nur vereinzelt anstellen, weil die Stimmung der Reizbarkeit die Resultate bedingt und das schnelle Verschwinden derselben die Versuche binnen Kurzem hindert. Manche eben getödtete Säugethiere geben gar keinen, andere nur einen Einzelbeleg für die eben erwähnten Verhältnisse.

Diese und andere Reflexbewegungen spielen auch bei den gesunden und krankhaften Zuständen des Menschen eine sehr wesentliche Rolle. Wird unsere Bindehaut mit dem Finger oder durch ein in das Auge geflogenes Stäubchen mechanisch gereizt, so schließen sich die Augenlider, während sich zugleich der Thränenfluß vermehrt. Körper, welche die Kehlkopfschleimhaut mechanisch oder chemisch angreifen, verstärken die Athmung und veranlassen häufig noch Schluckbewegungen. Die letzteren entstehen sogleich durch das Kitzeln der Rachenschleimhaut mit dem Finger, einem Federbarte, der Schlundsonde u. dgl. und schlagen oft auf der Stelle dergestalt um, daß Erbrechen oder wenigstens die Neigung dazu erscheint. Jenes so wie die verstärkte Peristaltik der Gedärme kann auch unzweifelhaft auf reflectorischem Wege zu Stande kommen. Nur ist hier die Beurtheilung deshalb schwierig, weil die meisten Irritamente, welche die Schleimhaut treffen, auch leicht die benachbarte Muskelhaut unmittelbar afficiren.

Die Ausführung der Secrete erfolgt häufig durch Vermittelung von Reflexerscheinungen. Werden z. B. die sensiblen Nerven der Nasenschleimhaut mechanisch gereizt, so entsteht ein Reflex auf die Athemmuskeln und in Folge desselben Niesen. Der rasch durch die Nase hindurchtretende Luftstrom reißt einen Theil des angesammelten Nasenschleimes mit sich fort und treibt ihn zu den Nasenlöchern hervor. Das Gleiche gilt von dem Austritt des Schleimes oder anderer Producte der Respirationswerkzeuge bei dem Husten. In etwas abweichender Gestalt treten die Phänomene bei der Entleerung des Harnes und des Stuhles auf. Wir haben früher gesehen, daß der Ausgang der Harnblase in die Harnröhre im ruhenden Zustande und zwar wahrscheinlich durch den Constrictor isthmi urethrae geschlossen ist. Hat sich nun eine Quantität Urin in der Blase angesammelt, so wirkt sie zunächst für die Schleimhaut derselben als unmittelbarer und für die Muskelhaut höchstens nur als mittelbarer Reiz. Entstehen hierdurch Vorbereitungen zur Harnentleerung, so muß zunächst der Blasenschluß aufgehoben und mithin der Constrictor erschlafft werden, während sich die einfachen Muskelfasern der Harnblase und in Einzelfällen vermuthlich auch die quergestreiften des Depressor vesicae contrahiren. Der After ist unter den gewöhnlichen Verhältnissen so verschlossen daß er den Austritt der Excremente verhindert, jedoch dem Eindringen des Fingers durch seine Mündung keinen siegreichen Widerstand zu leisten im Stande ist. Halten wir uns den Stuhlgang auf, so können wir diesen Verschluß noch willkürlich bis zu einem gewissen Grade steigern. Da aber die Ausgangsöffnung im Momente der Stuhlausleerung frei sein muß, so erschlafft dann der Sphincter ani externus, während sich die einfachen Muskelfasern des Mastdarmes zusammenziehen. Es coincidiren mithin bei diesen Erscheinungen, an denen, wie wir in der Folge sehen werden, die Reflexthätigkeiten jedenfalls einen Antheil haben, Erschlaffungen der einen und Zusammenziehungen der anderen Muskeln. Wahrscheinlich ist jedoch die erstere Thätigkeit, welche durch quergestreifte Muskelfasern vollführt wird, willkürlich, die letztere dagegen reflectorisch.

Die Geschlechtstheile zeigen zum Theil einfachere Verhältnisse. Die Reibung des Penis veranlaßt Bewegungen der Vasa deferentia und der Samenblasen, so daß der Same ejaculirt wird; die der Scheidenschleimhaut wahrscheinlich auch bei der Frau Bewegungen der Tuben. Wie wir bei künstlichen Frühgeburten sehen, veranlaßt die anhaltende mechanische Reizung der Wandungen des Gebärmuttermundes, z. B. die Einführung eines Preßschwammes in den letzteren, Zusammenziehungen der Gebärmutter, so daß zuletzt die Ausstoßung des Eies und der Frucht erfolgt.

Trifft ein Nadelstich plötzlich unsere Haut, so ziehen wir unwillkürlich die entsprechenden Theile zurück oder zucken am ganzen Körper. Manche Hautstellen, wie die Achselhöhle, die Handfläche, die Fußsohle erregen bei vielen Menschen, wenn sie gekitzelt werden, Lachen und allgemeine Körperbewegungen. Gelähmte, welche z. B. ihren Arm oder ihren Fuß nicht bewegen können, werden von allgemeineren Muskelzuckungen dieser Glieder heimgesucht, sobald man ihre Hand- oder Fußfläche leise reibt.

Jeder Muskel unseres Körpers hat wahrscheinlich die Fähigkeit, auf reflectorischem Wege in Thätigkeit versetzt zu werden. Nur hindern uns theils die versteckte Lage von vielen Gebilden der Art, theils aber auch andere Momente, diese Erscheinungen definitiv nachzuweisen. Die Sinneswerkzeuge gebrauchen ihre reflectorischen Thätigkeiten als die Grundhebel ihrer verschiedenen Regulations- und Accommodationswirkungen. Ein starkes Licht verursacht auf diese Art Verkleinerung der Pupille und den unwillkürlichen Schluß der Augenlider. Ein zu starker Schall setzt wahrscheinlich den Musculus mallei internus und vielleicht auch den Stapedius in Thätigkeit. Wenn aber das Sehen in die Nähe oder die Ferne eine entsprechende Zusammenziehung der Augenmuskeln, die Wahrnehmung eines angenehmen Geruchs erhöhte Inspirationen und die einer gewünschten Speise Zusammenlaufen des Speichels im Munde veranlaßt, so bleibt es unentschieden, welchen Antheil an diesen Erscheinungen die momentanen Geistesthätigkeiten und welchen die bloßen Reflerwirkungen haben. Ein ähnliches gemischtes Verhältniß kehrt in vielen Fällen von Aufregung des Herzens, der Athemmuskeln u. dgl. wieder.

Eine ausführliche, mit zahlreichen physiologischen und pathologischen Studien verbundene Darstellung der Reflexerscheinungen findet sich in: Marshall Hall On the Diseases and Derangements of the Nervous System. London, 1841. 8. und dessen deutsche, mit einigen kritischen Bemerkungen versehene, Uebersetzung von J. Wallach. Leipzig, 1842. 8.

1510 Die klare Darstellung der Gesetze der Reflerbewegung fordert zunächst, daß wir vorläufig nur die mit quergestreiften Fasern versehenen und meist willkürlichen Muskeln und höchstens noch diejenigen Gebilde, welche einfache Muskelfasern besitzen, ins Auge fassen, das Studium der Erscheinungen der anderen contractilen Elemente dagegen im Anfange, wie wir dieses auch bei dem peripherischen Nervensysteme gethan, außer Augen lassen, um es erst zuletzt gesondert vorzunehmen.

1511 Die Reflerbewegungen des Rumpfes und der Extremitäten treten in der Regel nicht unmittelbar nach der Enthauptung, sondern erst einige Zeit darauf mit ihrer größten Lebhaftigkeit hervor. Ein Säugethier oder ein Vogel, der rasch decapitirt wird, macht meist im Ganzen keine sehr lange andauernden Körperbewegungen. Sie schlagen bisweilen stark mit ihren Extremitäten, die Vögel vorzüglich mit ihren Flügeln, Kaninchen rollen mehrere Male herum. Allein trotzdem kommt es zu keinen anhaltenden regulären Gangbewegungen. Der Rumpf fällt bald hin und beruhigt sich binnen Kurzem. Die Extremitäten des Menschen contrahiren sich ebenfalls nur wenig oder bloß einige Augenblicke, sobald die Enthauptung rasch vor sich gegangen. Einzelne Muskeln dagegen, vorzüglich an der Durchschnittsstelle des Halses, können bei kräftigen Männern noch eine halbe Stunde nach dem Todesstreiche stark zucken. Bedeutendere Folgen treten, wie man dieses auch bisweilen an Säugethieren wahrnimmt, am Kopfe hervor. Die Augen rollen nicht selten, die Zunge erzittert und und die Kiefer klappen auf und nieder. Der Rumpf der Säugethiere bleibt in der Regel, wenn man ihn nicht stört, bis zum Verschwinden aller Reizbarkeit ruhig liegen. Nur selten wird ein zu stark gestrecktes Hinterbein von selbst angezogen. Die durch Hautreize entstehenden Reflerbewegungen kommen oft erst einige Augenblicke nach der Enthauptung zum Vorschein.

1512 Bleibt aber hier häufig der sichere Nachweis des letzteren Verhältnisses wegen der rasch dahinschwindenden Reizbarkeit zweifelhaft, so läßt er sich viel leichter und bestimmter an Fröschen geben. Schneidet man den

Kopf mit einem schnellen Zuge ab, so entstehen immer, sobald nur das Thier irgend reizbar ist, mehr oder minder starke Zuckungen im Rumpfe oder den Extremitäten. Die Hinterfüße werden meistens momentan gestreckt und verharren wohl auch in tetanischem Krampfe oder zeigen überdies ein heftiges Erzittern der Muskelbündel, vorzüglich am Oberschenkel. Manche Frösche springen noch nach der Enthauptung eine Strecke weit fort, andere rollen sich zugleich auf eigenthümliche Weise und machen sehr sonderbare disharmonische Bewegungen. Jene Erscheinungen finden sich am häufigsten, wenn die Schnittwunde weit nach vorn liegt, so daß noch ein Theil des verlängerten Markes am Rumpfe bleibt. Hat sich dieser erste Sturm beruhigt, so ist oft die Reizbarkeit des ganzen Rückenmarkes durch den heftigen Eingriff, welcher dasselbe getroffen, dergestalt erschöpft, daß keine sensiblen Eingriffe Reflexbewegungen der Extremitäten hervorrufen. Gönnt man nun dem Rumpfe keine Ruhe und fährt mit Versuchen, sensible Irritamente anzubringen, fort, so verliert sich nicht selten die Reizbarkeit dergestalt, daß selbst später entweder gar keine oder nur schwache Reflexbewegungen zu Stande kommen.

Wartet man die gehörige Zeit ab, so zeigt sich häufig eine andere Eigenthümlichkeit. Liegt nämlich der Rumpf so auf dem Tische, daß die Hinterbeine flectirt und an den Unterleib angezogen sind, so verbleibt er in dieser Stellung, so lange keine störenden Irritamente einwirken. Waren dagegen die Hinterfüße gestreckt, so verharren sie eine Zeit lang in diesem Zustande, werden aber meistentheils, jedoch nicht immer, ohne merkliche äußere Veranlassung in die oben erwähnte Stellung plötzlich gebracht [1]. Bedeckt man nun den Rumpf mit einer Glasglocke und bewahrt ihn vor Erschütterungen oder anderen Einwirkungen, so ändert er seine Lage nicht mehr, bis alle Reizbarkeit verschwunden ist [2]. Hat man aber dem Rückenmarke seine gehörige Erholungszeit gelassen, so zeigt es dann eine so große Empfänglichkeit, daß die Reflexbewegungen eben so pünktlich, als energisch erfolgen und verhältnißmäßig sehr lange anhalten. Zuerst zieht das Thier sein Hinterbein, das man strecken will, an. Später dagegen werden bald die Reactionen allgemeiner. Es versteht sich übrigens von selbst, daß eine Menge von Individualitätszuständen, zu welchen uns sogar noch der Schlüssel größtentheils mangelt, auf diese Phänomene von Einfluß sind. Denn ein Frosch reagirt nicht nur kräftiger als der andere, sondern auch die nothwendige Ruhezeit kann in sehr bedeutendem Maaße variiren und oft ¼ bis ½ Stunde betragen.

Die Reflexbewegungen der Frösche erhalten sich, wie es scheint, ver- 1513
hältnißmäßig am längsten, wenn man sie nur mäßig und vorzüglich in nicht zu kurzen Intervallen hinter einander anregt. Geschieht das Letztere, so hören sie zwar später auf, kehren aber, wenn man dem Rumpfe einige Zeit der Ruhe gegönnt hat, von Neuem, jedoch schwächer wieder. Man sieht,

---

1) Volkmann in Müller's Archiv. 1838. S. 17. 18. Budge Untersuchungen über das Nervensystem Heft II. S. 199.

2) Kürschner in seiner Uebersetzung von Marshall Hall's Abhandlungen über das Nervensystem. Marburg, 1840. 8. S. 130.

daß hier ein ähnliches Gesetz, wie bei der Reizbarkeit der peripherischen Nerven zum Grunde liegt.

1514 Die Extremitäten können eben so gut durch Reize, welche ihre eigene Haut treffen, als durch solche, welche gegen andere Theile gerichtet werden, zu Reflexbewegungen veranlaßt werden. Faßt man die Bauchhaut, ein Darmstück, eine Stelle des Gekröses, der Harnblase, des Eierstockes, das Mesovarium enthaupteter Frösche mit der Pincette, so erscheinen sie unter günstigen Verhältnissen mit sehr großer Lebhaftigkeit. Aehnliche Erfahrungen machte ich auch an Kaninchen, welche unmittelbar vorher durch Erstickung getödtet worden. Ich erhielt in Einzelfällen Zuckungen eines oder beider Hinterbeine, wenn ich die Därme, das Gekröse, die Harnblase u. dgl. drückte oder auch nur mit dem Scalpellstiele rieb. Der Dünndarm, der seine Nerven vom Sympathicus bezieht, verhält sich also in dieser Hinsicht im Allgemeinen wie ein Theil, der seine Nerven unmittelbar aus dem Rückenmarke empfängt.

Pikford bemerkte, vorzüglich bei seinen an Fröschen mit Strychnin angestellten Versuchen, daß die Berührung der Baucheingeweide nur dann, wenn noch die Medulla oblongata am Rumpfe vorhanden ist, Reflexbewegungen der Extremitäten veranlaßt. So viel ich bis jetzt sah, hat, wie es scheint, das allgemeine Factum seine Richtigkeit. Ich enthauptete z. B. einen Frosch zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Wirbel und ließ ihn etwas länger als ¼ Stunde ruhen, bis die nach dem Anspruche der Bauchhaut entstehenden Reflexbewegungen eine große Lebhaftigkeit erreicht hatten. Nun wurde der Unterleib geöffnet. Jeder Druck, welcher die dünnen Gedärme oder das Gekröse traf, verursachte heftige Zuckungen der Hinterbeine. Ich entfernte alsdann die beiden ersten Wirbel mit dem in ihnen enthaltenen centralen Nervensysteme und gönnte dem Thiere von Neuem die nöthige Ruhe. Die Reizung des Magens, der Leber, des Dünndarms, der mit Samen stark gefüllten Hoden und der oberen und mittleren Theile der Bauchdecken blieb erfolglos. Dagegen entstanden sogleich Reflexbewegungen der Hinterbeine, so wie ich die Blase oder den Mastdarm mit der Pincette zusammendrückte. Daß die vorderen Extremitäten nicht mehr reflectorisch reagirten, ergiebt sich der Natur der Verletzung gemäß von selbst.

Die allgemeinen Resultate blieben bei Wiederholung des Experimentes die gleichen. Nur ereignete es sich ein Mal bei einem Frosche, der an dem oberen Rande des dritten Wirbels enthauptet worden war, daß nicht bloß Blase und Mastdarm, sondern auch der unterste Theil des Dünndarmes Reflexbewegungen veranlaßten. Sie konnten aber auch in diesem Falle durch Reizung der Bauchdecken hervorgerufen werden. Uebrigens muß man hier mit Schlüssen sehr vorsichtig sein. Der Darm mancher Frösche, die selbst an dem ersten Halswirbel enthauptet worden, zeigt sich sehr träge, während er bei anderen das erste Mal gehörig antwortet und die folgenden Male keine Wirkung veranlaßt. Wie man aber leicht sieht, bilden diese von Pikford angegebenen Verhältnisse ein Corollarium des Fortschrittgesetzes des Sympathicus.

1515 Nicht bloß der Kitzel empfindlicher Hauttheile, sondern auch der Anspruch sensibler Nerven kann Reflexbewegungen veranlassen. Wir erhalten sie z. B. bisweilen bei dem Frosche, wenn wir den Ischiadicus mit der Pincette drücken oder die Bauchmuskeln durchschneiden. Bleibt ein auf das Gerathewohl ausgeführtes Zusammenpressen des Gekröses unbeantwortet, so erscheinen manches Mal positive Resultate, sobald wir nur einen Intestinalnerven aufsuchen und ihn mit der Pincette fassen. Häufig scheint er noch eher als z. B. der Hüftnerv, der überhaupt in den meisten Fällen ungünstiger als die äußere Haut wirkt, Reflexbewegungen der Extremitäten anzuregen.

Während aber ein leichter Kitzel der Haut starke Reactionen veranlaßt, bedarf es immer bei den Nerven eines heftigen und selbst anhaltenden Druckes. Denn häufig kann man sogar einen Nervenstamm während des Stadiums der größten Empfänglichkeit zerschneiden, ohne daß allgemeinere Wirkungen auftreten. Das Gleiche gilt von den Muskeln, die sich in dieser Beziehung noch viel träger verhalten.

Aehnliche Erfahrungen lassen sich an Säugethieren machen. Nicht 1516 selten zucken noch frisch getödtete Kaninchen mit den Hinterbeinen, so wie man ihre Bauchhaut mit der Scheere durchschneidet oder ihre Intestinalnerven mit der Pincette drückt. Legt man den Halstheil des Vagus bei einem lebenden Pferde oder Hunde bloß, so verursacht in der Regel jede Reizung desselben tiefere Athemzüge, in manchen Ausnahmsfällen dagegen sogar Husten [1]). Zerrung des N. splanchnicus in der Bauchhöhle von Kaninchen dicht nach innen von der Nebenniere ruft bisweilen Zuckungen der Bauchmuskeln hervor [2]). Das Gleiche zeigt sich manches Mal nach Reizung des Lendentheiles des Sympathicus.

Fast jeder Hautreiz veranlaßt während der größten Höhe der Em- 1517 pfänglichkeit motorische Reactionen des enthaupteten Frosches. Faßt man seine Bauchhaut, so wehrt sich scheinbar der Rumpf auf das Heftigste, so daß er seine Zehen nach der Reizungsstelle hinstößt oder sogar im Ganzen fortzuspringen sucht. Das Gleiche erfolgt bisweilen auch nach dem Kneipen der Zehenhaut, jedoch im Allgemeinen nicht so sicher und nicht mit jener so großen Heftigkeit wie nach dem Anspruche der Bauchdecken. Reizung des Ober- oder Unterschenkels hat meist noch geringere Wirkungen zur Folge. Sinkt die Excitabilität, so scheint durchschnittlich der Anspruch des Dünndarmes zuerst erfolglos auszufallen. Man erzielt bisweilen dann noch positive Wirkungen, wenn man den Magen ohne Verletzung seiner Nervenstämme öffnet und seine Schleimhaut kitzelt oder einen Intestinalnervenzweig drückt. Bleibt auch dieses fruchtlos, so entstehen meist noch Reflexbewegungen durch Reizung der Haut des Bauches, des Rückens, der Zehen u. dgl. Die Bauchmuskeln stehen in dieser Beziehung der Bauchhaut bedeutend nach. Sind aber die Reflexerscheinungen auf keinem Wege mehr hervorzurufen, so ist noch eine directe Reizung des Rückenmarkes im Stande, Krämpfe nach sich zu ziehen, und versagt auch dieser Versuch endlich, so bedingt noch die Compression des Ischiadicus in der Mitte des Oberschenkels Zuckungen der Fußmuskeln. Wir sehen hieraus, daß im Allgemeinen die Reflexübertragungen nach dem Tode zuerst verschwinden und die unmittelbare Reizbarkeit den schon früher (§. 648) angeführten centrifugalen Weg auch in dem centralen Nervensysteme zu verfolgen scheint.

Die Reflexbewegungen zerfallen, wie man fast bei jedem Versuche 1518 sehen kann, in zwei in einander übergehende Hauptclassen, in örtliche und allgemeinere. Reizt man z. B. die Bindehaut oder die Augenlider des frisch getödteten Thieres oder des abgeschnittenen Kopfes, so schließen sich in der Regel nur die Augendeckel, während andere Muskeln ruhig bleiben

---

[1]) Romberg in Müller's Archiv. 1838. S. 311. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. S. 75.

[2]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S 724.

oder bloß in geringe Thätigkeit gerathen. Will man dagegen an dem enthaupteten Körper des Frosches den Unterleib öffnen, so arbeiten die Muskeln des Rumpfes und aller vier Extremitäten, mithin kontractile Gebilde, deren Nerven sowohl tiefer als höher, wie die der gereizten Stelle, ins Rückenmark eintreten. Der letztere Fall erklärt sich leicht aus dem Emporsteigen der Primitivfasern nach dem Gehirn und der allseitigen Anlagerung und Scheidenverbindung der Nervenkörper. Was hingegen die örtlichen Wirkungen betrifft, so gerathen in der Regel nur solche Muskeln, welche dem gereizten sensiblen Theile nahe liegen oder mit ihm functionell in Verbindung stehen, in Convulsionen. Daher die Thätigkeit der Orbicularis palpebrarum nach Reizung der Bindehaut, die der Lippen nach dem Anziehen der Tasthaare, die der Zehen nach einem auf die Haut derselben ausgeübten Drucke. Diese Erscheinungen lassen mit Recht schließen, daß die sensiblen und motorischen Primitivfasern der genannten Gebilde nahe bei einander in dem centralen Nervensysteme verlaufen oder wenigstens einer gegenseitigen Einwirkung leichter ausgesetzt sind. Wenn also z. B. die sensiblen Fasern des ersten und zweiten Astes des Trigeminus durch ihre Thätigkeit die motorischen Reactionen der Elemente des Facialis, welche in den Orbicularis palpebrarum treten, und keiner anderen bewegenden Nerven, selbst nicht der kleineren Portion des Trigeminus anregen, so können wir hieraus schließen, daß sich die functionelle Verbindung einzelner benachbarter Körpertheile, welche von verschiedenen peripherischen Nerven versorgt werden, im centralen Nervensysteme gleichsam im Abdrucke reell oder facultativ wiederholt.

1519 Die allgemeinen Reflexbewegungen kommen nur bei einem sehr hohen Grade von Reizempfänglichkeit zu Stande. Man sieht sie daher auch fast nie in dem Maaße bei Säugethieren oder Vögeln, wie bei Fröschen. Sie nehmen bei diesen ebenfalls mit dem Verschwinden der Reizbarkeit immer mehr ab und gehen zuletzt in bloß örtliche über. Hat sich z. B. im Anfange ein Froschrumpf, wenn man die Zehen seiner Hinterfüße kneipte, mit allen vier Extremitäten gewehrt, so beschränkt sich später der Erfolg der gleichen Reizung auf die Hinterbeine allein, und dann selbst nur auf die unmittelbar angegriffene Extremität, während zuletzt bloß die Fußsohlenmuskeln derselben so schwach erzittern, daß man diese ihre Wirkung erst nach der Entfernung der sie bedeckenden Haut vollkommen deutlich wahrnimmt. Ist umgekehrt der Rumpf durch die Enthauptung erschöpft und läßt man ihn sich erholen, so erhält man zuerst örtlichere und dann immer allgemeiner werdende Reflexwirkungen. Das gleiche Irritament reicht daher oft nur zu einem Minimum der verschiedenartigen Anregung hin, weil der zweite Factor, nämlich die Empfänglichkeit im centralen Nervensysteme, in hohem Grade gesunken ist.

1520 So sicher aber auch diese Seite der Erscheinung ermittelt werden kann, so wenig genau lassen sich diejenigen Momente bestimmen, welche allgemeine oder bloß örtliche Reflexbewegungen hervorrufen. Zuvörderst scheint die Reizung der äußeren Haut ausgedehntere Effecte als die anderen Theile zu bedingen. Wehrt sich z. B. der Froschrumpf gegen das Kneipen der

Zehen mit allen vier Extremitäten, so bleibt aller Effect aus oder wird sehr gering, wenn wir die Extremität enthäuten und nun den gleichen Anspruch veranlassen. Die Durchschneidung der Bauch- oder Rückenhaut erregt fast immer nicht bloß bei Fröschen, sondern selbst bei frisch getödteten Säugethieren bedeutendere Reflexerscheinungen als die der Bauch- oder Rückenmuskeln. Die Entblößung einer Muskulatur von ihrem Hautüberzuge dagegen scheint nicht nothwendig die Fähigkeit ihrer reflectorischen Zusammenziehung zu beeinträchtigen.

Schwieriger ist es in dieser Beziehung, den Grad und die Art der 1521
Reizung, welche am günstigsten wirkt, zu bestimmen. Ist die Empfänglichkeit des Froschrumpfes sehr groß, so scheint ein leichter Hautkitzel oder ein heftiger Druck vortheilhafter als ein mittlerer Grad mechanischen Anspruches zu wirken. Später gewinnt eine bedeutende Pression die Oberhand. Das letztere gilt dann auch von den Muskeln. Ein leises Bestreichen des bloßgelegten Gastrocnemius z. B. bleibt oft ohne Erfolg, während nicht selten ein starker Druck, der auf seine Muskelbündel mit der Pincette ausgeübt wird, allgemeinere Reflexbewegungen zu Stande bringt. Schwankender gestalten sich die Verhältnisse der Nerven. Spricht man den Dünndarm vergeblich an, so hilft oft noch das Zusammendrücken eines Intestinalnerven. Umgekehrt dagegen kann man den Ischiadicus eines Frosches, der den auf seine Zehen ausgeübten Druck mit allgemeinen Reflexbewegungen beantwortet, ohne alles Resultat der Art kneipen oder durchschneiden. Wie sich in dieser Hinsicht chemische und andere Reize verhalten, ist bis jetzt noch nicht genauer untersucht. Nur bleibt auch hier die Reaction z. B. bei dem Betupfen der Muskeln mit Essigsäure leichter aus als bei dem der Haut.

Die Extremitäten enthaupteter Frösche zeigen rücksichtlich ihrer Stellung eine Reactionsweise, deren tiefere Ursachen noch nicht hinreichend ermittelt worden. Die Oberarme werden in der Regel während oder bald nach der Enthauptung an den Leib angezogen und die Vorderarme gebeugt, so daß die Hände und Finger gegen einander gerichtet sind. Streckt man sie, so leisten sie einen sehr bedeutenden Widerstand, werden sogleich in die alte Lage gebracht und verharren in ihr bis zum Verschwinden der Reizbarkeit. Die schon §. 1512 beschriebene Flexion der Hinterfüße gehört ebenfalls hierher, und auch sie wird sehr häufig bei reizbaren Fröschen sogleich wieder zu Stande gebracht, so wie man eine künstliche Streckung versucht. Die Verminderung der Excitabilität oder die Zerstörung des Rückenmarkes hebt diese Folgen, welche ein Vorherrschen der Beugungs- über die Streckungsrichtung andeuten, gänzlich auf. Die Beine nehmen diejenige Stellung an, welche ihnen ihre Unterlagen, die Reibungs- und Schwereverhältnisse anweisen.

Die Behauptung dieser Flexionen setzt, wie es scheint, eine geringere Höhe der Empfänglichkeit des centralen Nervensystems, als die Erzeugung der Reflexbewegungen voraus. Nicht selten nämlich lassen sich die Hinterbeine des Frosches unmittelbar nach der Enthauptung ohne weitere Folgen strecken. Später aber zeigt sich ein Stadium, in welchem jeder Versuch der Extension durch gewaltsames Anziehen der Hinterextremität an den Unterleib beantwortet wird, ohne daß Hautreize allgemeinere oder selbst örtliche Reflexbewegungen hervorrufen. Diese letzteren kommen erst zuletzt, wenn sich wiederum die Empfänglichkeit ihrem Culminationspunkte nähert, zu Stande.

Die allgemeineren Reflexbewegungen, welche bei dem Frosche wäh- 1522
rend der größten Excitabilität des Rückenmarkes auftreten, scheinen häufig auf den ersten Blick einen so hohen Grad von Zweckmäßigkeit zu besitzen, daß man leicht verleitet werden könnte, sie der Anordnung eines

noch vorhandenen Einsichts- und Willensprincipes zuzuschreiben. Kneipt man die Zehen, so springt der Rumpf fort. Faßt man die Bauchhaut da, wo sie das Sternum überzieht, mit der Pincette, so werden die Vorderbeine so gebeugt und an den Leib angezogen, als ob sie nach ihr greifen wollten. Erfolgt die Berührung etwas weiter nach hinten, so stoßen die Hinterbeine zu wiederholten Malen gegen die Pincette an, spreizen ihre Schwimmhäute mehr oder minder aus, suchen sich gegen den Eingriff zu wehren und denselben zu entfernen. Wird die Rückenhaut in gleicher Weise angesprochen, so verdrehen und überschlagen sich die Hinterextremitäten, als wollten sie auch hier die gereizte Hautstelle erreichen und das Hinderniß fortschaffen, u. dgl. mehr. Eine genauere Beobachtung lehrt jedoch bald, daß alle diese Erscheinungen weder Aeußerungen eines freien Willens, noch irgend einer geistigen Berechnung des Rumpfes darstellen. Es zeigt sich nämlich, daß den angeführten Phänomenen die Norm zum Grunde liegt, daß die Extremitäten nach derjenigen Richtung, wo die angesprochene Hautstelle liegt, hinbewegt werden, sonst dagegen jede andere Zweckmäßigkeit mangelt. Kneipe ich daher die Bauchhaut, so schlagen die Vorderfüße auf die im vorhergehenden Paragraphen erwähnte Weise zusammen, während die längeren Hinterbeine bei ihrer Bewegungsrichtung die Pincette leicht treffen. Liegt die Reizungsstelle am Rücken, so werden die Extremitäten nach diesem hin gewendet. Die vorderen erreichen daher häufig nicht bei ihrer Kürze die Pincette, und selbst die hinteren verfehlen oft ihr Ziel, weil sie sich nach dieser Richtung hin nicht weit genug nach innen drehen können. Das scheinbare Fortspringen nach einem auf die Zehen der Hinterfüße ausgeübten Drucke ist eine Folge der Streckung der letzteren. Die gleiche Bewegungsart kehrt auch häufig nach dem Anspruche der Zehen der Vorderbeine wieder und erscheint dann hier sogar meistentheils nichts weniger als zweckmäßig. Alle diese Beobachtungen beweisen nur, daß die functionelle Anordnung der Theile des Rückenmarkes eine solche prästabilirte Harmonie darbietet, daß die Bewegung der Extremitäten schon von selbst und ohne psychische Berechnung gegen die gereizte Hautstelle gerichtet ist. Wir können deshalb eher umgekehrt schließen, daß wahrscheinlich diese Einrichtung selbst viele Bewegungen ähnlicher Art, die scheinbar von unserem Willen abhängen, automatisch macht oder wenigstens in ihrer Ausführung erleichtert.

1523 Hat aber die Natur eine Quelle eigenthümlicher und von den geistigen Regungen unabhängiger Bewegungscombinationen mittelst dieser Reflereigenschaften hergestellt, so mußte sie dieselben, wenn nicht jeden Augenblick eine heftige und störende Explosion erfolgen sollte, der Herrschaft des Willens bis zu einem gewissen Grade unterwerfen. Daß dieses der Fall sei, lehrt schon die tägliche Erfahrung. Sind z. B. unsere Gedanken von anderen Dingen absorbirt, so erregt ein Nadelstich, welcher einen Punkt unserer Haut plötzlich trifft, ein stärkeres und allgemeineres Aufzucken. Umgekehrt kann der Wille bedingen, daß wir unsere Hand nicht von dem uns verletzenden Messer oder Feuer zurückziehen oder uns nicht ein Hautkitzel zum Lachen oder anderen Bewegungen anreizt.

Diese Gegenwirkung des Gehirns läßt sich auch bei Fröschen deutlich nachweisen. Kneipt man die Haut solcher Thier bei unversehrtem Körper, so wehren sie sich zwar mehr oder minder heftig, reagiren aber auch häufig gar nicht, sobald sie den Reiz nicht weiter beachten. Eine solche Variabilität findet dagegen bei reizbaren Fröschen nach der Enthauptung nicht Statt. Stürmische Reflerbewegungen erfolgen nach jedem Hautangriffe den früher erwähnten Normen gemäß. Sie sind gewissermaßen freigeworden und können, da ihr Herrscher entfernt wurde, in jedem Falle auftreten. Aehnliche Beobachtungen kommen auch häufig an Säugethieren nach Entfernung der Hemisphären des großen und kleinen Gehirns vor.

Die Reizung eines peripherischen Nerven erzeugt in der Regel augen- 1524
blickliche Zuckungen, welche dann sogleich mit Erschlaffung abwechseln. Folgen dagegen die Irritamente sehr rasch hinter einander, so bleiben die Muskeln, vorzüglich die Strecker des Frosches eine Zeit lang in fortwährender Contraction. Dieses sehen wir z. B., wenn wir eine Reihe elektrischer Schläge sehr schnell hinter einander einleiten. Die Hinterbeine strecken sich und verharren in ihrer steifen Extension. Nur einzelne und zwar meist oberflächliche Muskeln oder Muskelbündel des Oberschenkels z. B. gerathen in fortwährende klonische Krämpfe. Die gleiche Erscheinung zeigt sich, wenn man das Rückenmark eines enthaupteten Frosches mit einem Drahte von vorn nach hinten größtentheils oder gänzlich zermalmt. Denn hier folgen die mechanischen Reize ebenfalls sehr rasch hinter einander. Anhaltende Zuckungen treten auch oft bei den Reflerbewegungen hervor. Nur sind sie meistentheils der Natur der Sache nach keine tonischen Extensionskrämpfe, sondern bedingen anhaltende fire Stellungen oder wechselnde Bewegungen, welche einige Zeit beibehalten werden. Kneipt man die Zehen der Hinterfüße mehrere Secunden lang, so sucht der Rumpf durch Streckung der Hinterbeine zu entfliehen, wiederholt dann die Flerion und Extension derselben mehrere Male hinter einander und macht auch andere Körperbewegungen, so lange der Druck einwirkt. Klemmt die Pincette ein Stückchen der Bauchhaut zusammen, so werden die Hinterbeine gegen sie hingezogen, verharren in dieser Stellung und der Ausspannung der Schwimmhaut eine oder mehrere Secunden, beugen sich dann, kommen wieder in die alte Lage und stoßen hierdurch gegen den Widerstand, welchen sie zufällig erreichen. Mit einem Worte, der fortdauernde Reiz, welcher die sensiblen Fasern trifft, wirkt wie eine Reihe rasch hinter einander folgender Irritamente und erregt daher eine große Zahl motorischer Entladungen, die jedoch größtentheils nicht constant bleiben, sondern nur momentan eine angenommene Stellung behaupten, sie dagegen von Zeit zu Zeit verlassen. Was aber hier als unregelmäßig und scheinbare Zufälligkeit erscheint, tritt z. B. bei den Athembewegungen rhythmisch hervor.

Die allgemeineren Reflerbewegungen zeigen deutlich, daß die Mit- 1525
theilung im Rückenmarke nach allen Richtungen hin erfolgen kann. Wenn z. B. ein auf die Zehen ausgeübter Druck Bewegungen aller vier Füße veranlaßt, so muß natürlich das Aequivalent des Reizes von einer Seiten-

hälfte des centralen Nervensystemes auf die andere überspringen. Regt ein sensibler Reiz der Zehen der Hinterbeine Reflexbewegungen der Vorderfüße an, so wird er wenigstens bis zu der Stelle, an welcher die Nerven der letzteren in das Rückenmark einstrahlen, nach vorn vorschreiten. Jedoch wird auch diese allgemeinere Fortpflanzung mit der Abnahme der Empfänglichkeit immer mehr beschränkt. Wir erhalten z. B. in diesem Falle, wenn wir die Zehen des linken Hinterbeines zusammendrücken, Bewegungen der beiden Hinterfüße und des linken, nicht aber des rechten Vorderbeines, oder solche des linken Hinter- und Vorderfußes, nicht aber der Extremitäten der rechten Seite. Enthauptete Frösche sowohl als Eidechsen zeigen in diesem Falle nicht selten, daß die Reizung der oberen Parthieen ihrer durchschnittenen Bauchdecken nur in den vorderen, die der unteren dagegen bloß in der hinteren Extremität derselben oder beider Seiten Zuckungen veranlaßt. Es scheint daher im Allgemeinen die Größe des Raumes, welcher im Rückenmarke von der Mittheilung afficirt wird, mit dem Grade der Empfänglichkeit in ungefähr gleichem Verhältnisse zu stehen.

1526 Die schon §. 1509 angeführten Grunderscheinungen der Reflexbewegungen und die bisher erläuterten äußeren Eigenschaften derselben führen von selbst zu der Theorie, daß der sensuelle oder sensible Reiz durch die peripherischen Nervenfasern centripetal zum centralen Nervensysteme geleitet wird und erst hier einen größeren oder geringeren Bezirk motorischer Fasern, deren Elemente er erreichen kann, in Thätigkeit setzt. Hieraus folgt von selbst, daß jede Continuitätsunterbrechung der dabei in Betracht kommenden und thätigen peripherischen Primitivfasern das Auftreten der Reflexbewegungen unmöglich machen muß. Eine Reihe von Versuchen, die sich an enthaupteten Fröschen (oder Säugethieren) leicht anstellen lassen, bekräftiget diesen Satz in seinen Einzelverhältnissen auf eine mit der Theorie vollkommen übereinstimmende Weise:

1) Die Bloßlegung des Rückenmarkes des enthaupteten Frosches ohne Verletzung der Nervenwurzeln stört nicht im Geringsten die Reflexbewegungen. Durchschneidet man aber dann z. B. die hinteren Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines, so erhalten wir keine Zuckungen in irgend einem Körpertheile mehr, sobald wir die Hinterzehen der rechten Seite drücken, weil dieser sensible Reiz nicht bis zum Rückenmarke zu gelangen vermag. Wiederholt man aber denselben Versuch an den Zehen des linken Hinterfußes, so können die Reflexbewegungen auch das rechte Hinterbein in vollkommenstem Maaße in Anspruch nehmen.

2) Läßt man die hinteren Wurzeln des letzteren unversehrt und durchschneidet dagegen die vorderen Wurzeln desselben, so ruft ein Druck der rechten Hinterzehen, wenn die Empfänglichkeit groß genug ist, Bewegungen in den beiden Vorderfüßen und dem linken, nicht aber dem rechten Hinterbeine hervor.

3) Hat man die beiderlei Wurzeln desselben vollständig getrennt, so bleibt es von den Erscheinungen des Reflexes in seinen activen und passiven Verhältnissen ausgeschlossen. Der rechte Hinterfuß bedingt, wenn seine Haut gereizt wird, keine positiven Resultate und nimmt auch an

den aus anderen Veranlassungen entstehenden Reflerbewegungen des Körpers keinen Antheil.

4) Das gleiche Resultat ergiebt sich, wenn wir den Ischiadicus der einen Extremität am Oberschenkel durchschneiden. Oeffnet man den Unterleib und trennt die Verbindungsfäden zwischen dem Grenzstrange des Sympathicus und den Körpernerven (vom zweiten bis zum letzten Wirbel) auf beiden Seiten los, so erfolgen keine Reflerbewegungen der Extremitäten mehr, wenn man den Dünndarm zusammendrückt. Endlich

5) zeigt sich das Gleiche in Betreff der sensuellen Nerven an dem N. opticus. Legt man ihn bei einem Kaninchen oder einer Taube bloß und durchschneidet ihn vor oder hinter dem Chiasma, so hat die Reizung seines peripherischen Stückes keinen Einfluß auf die Regenbogenhaut, während die des centralen Abschnittes eine Verengerung der Pupille zu bewirken im Stande ist. Das letztere fällt aber nach der Exenteration des Gehirnes hinweg.

Einzelne Forscher, vorzüglich Marshall Hall, nennen diejenigen Fasern, welche den Reflerreiz centripetal leiten, incidirende, diejenigen hingegen, welche hierdurch motorische Anregungen ausüben, reflectorische. Diese Bezeichnungen sind nicht richtig, wenn man darunter besondere nur den Reflerzwecken dienende Primitivfasern versteht. Denn keine einzige Thatsache, welche eine solche Hypothese rechtfertigte, liegt bis jetzt vor. Jede sensible oder sensuelle Faser kann, so viel wir wissen, incidirend, jede motorische reflectorisch wirken. Die Mittheilungen im centralen Nervensysteme, welche die Reflerbewegungen bedingen, bilden nur eine Art der Synergien, welche das Gehirn und Rückenmark überhaupt vermittelt, so daß hierzu eben so wenig als zu den übrigen Thätigkeiten der Centraltheile besondere und eigenthümliche Primitivfasern nothwendig werden. Eben so läßt sich nicht das Vermögen der Reflerbewegung als eine bloße Eigenschaft des Spinalsystemes im Gegensatz zu dem Cerebralsysteme auffassen. Denn die meisten Reflerbewegungen, welche von den Hirnnerven ausgehen, kommen, dem Verlaufe der Letzteren gemäß, in dem verlängerten Marke zu Stande. Ließen sich aber definitive Reflerthätigkeiten, die von dem N. olfactorius verursacht werden, nachweisen, so wäre sogar auf diese Art eine Betheiligung der unteren Parthieen des großen Gehirns wahrscheinlich gemacht. Ob dagegen in dem Bereiche des großen und kleinen Gehirns hierher gehörende Uebertragungen Statt finden oder nicht, läßt sich nicht nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen mit Sicherheit entscheiden.

Die bloße Quertheilung des Rückenmarkes hebt die Reflerbewegungen 1527
nicht auf, sondern hindert nur, daß sich die Reizung und die Gegenwirkungen derjenigen Stücke, deren Nerven hinter der Schnittfläche in das Rückenmark eintreten, denen, welche ihre nervösen Verbindungen vor derselben haben, mittheilen. Hat man die Enthauptung des Frosches so vorgenommen, daß die Trennungsstelle zwischen das Hinterhaupt und den ersten Wirbel fiel, und schneidet alsdann die Wirbelsäule mit dem in ihr enthaltenen Rückenmarke zwischen dem vierten und fünften Wirbel durch, so entstehen, sobald man die Zehen der Vorderbeine kneipt, Reflerbewegungen der Vorderfüße und der Bauchmuskeln, nicht aber solche der hinteren Extremitäten. Eben so erzeugt der gleiche Anspruch der Zehen der Hinterfüße einzig und allein motorische Reactionen in diesen, nicht aber in den Vorderbeinen. Hat man bei einem Frosche einerseits das gesammte Gehirn und anderseits das ganze Rückenmark mit Ausnahme des Stückes, welches zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel liegt, zerstört, so ent-

stehen bisweilen bei dem Zerschneiden der oberen Parthie der Bauchhaut Reflexbewegungen in einzelnen Muskeln der Brust oder des Oberarmes. Theilt man den Schwanz einer Eidechse in eine Reihe von Segmenten, welche einen Abschnitt der Muskulatur nebst der entsprechenden Parthie des Rückenmarkes einschließen, so erhalten wir Reflexbewegungen durch Hautreize eines jeden Stückes, weil die Nerven der Schwanzmuskeln unmittelbar ins Rückenmark eintreten. Mit einem Worte, die Grundbedingung des Auftretens dieser Thätigkeit besteht darin, daß die sensiblen und motorischen Fasern in ihren peripherischen Theilen unversehrt, in ihren centralen dagegen nur in ihren Anfangsparthien intact vorhanden sind. Trennungen dagegen, welche sie in ihren ferneren Theilen treffen, heben die Reflexwirkungen nicht auf.

1528 Legt man das Rückenmark eines enthaupteten Frosches bloß, durchschneidet es der Quere nach mit einem scharfen Messer und bringt die Schnittränder so nahe als möglich an einander, so kehrt die Uebertragung der Reflexerscheinungen von den hinteren auf die vorderen Extremitäten, und umgekehrt, nicht wieder. Die mechanische Annäherung ist mithin außer Stande, die organische Continuitätsverbindung zu ersetzen.

1529 Ganz anders verhalten sich dagegen partielle Theilungen des Rückenmarkes. Fassen wir nämlich die Verhältnisse nur so, wie sie dem freien Auge erscheinen, auf, so läßt sich als Hauptgesetz aussprechen, daß die Mittheilung einzig und allein durch die vollständige Continuitätsstörung der grauen, nicht aber der weißen Massen des Rückenmarkes unterbrochen wird. Bleibt nur die geringste Quantität der grauen Substanz unversehrt, so daß sie die Theile unterhalb und oberhalb der Durchschnittsstelle vollkommen verbindet, so ist auch die Uebertragung, welche Reflexbewegungen in beiden Parthien veranlaßt, möglich.

1) Legt man bei einem enthaupteten Frosche das Rückenmark bloß und macht mittelst des Staarmessers rechts zwischen dem vierten und fünften und links zwischen dem fünften und sechsten Wirbel einen solchen von außen nach innen gehenden Einschnitt, daß der erstere rechts und der zweite links fast bis zur Mitte reicht, jedoch noch eine kleine Verbindungsmasse centraler grauer Substanz übrigläßt und die Nervenwurzeln selbst nicht verletzt, so können noch Zuckungen in dem Pharynxüberreste, der Muskulatur der Schulter u. dgl., durch Kneipen der Hinterzehen und umgekehrt Bewegungen der letzteren durch die gleiche Affection der Vorderfüße hervorgerufen werden. Die Wirkungen sind jedoch in der Regel nur schwach, sobald die Verbindungsbrücke keine sehr bedeutende Größe besitzt. Vollführt man die gleiche Operation an dem lebenden Frosche, so kann er alle seine vier Extremitäten noch vollkommen gebrauchen. Enthauptet man ihn dann, so erregt bisweilen ein auf die Vorderzehen im Stadium der größten Empfänglichkeit ausgeübter Reiz so stürmische Reflexbewegungen, daß der Rumpf davonspringt und die Hinterfüße gegen die Pincette, welche z. B. die Bauchhaut zusammendrückt, gestemmt werden. Verbindet man die innersten Enden der beiden Querschnitte mit einander, so daß auch die centrale Vereinigungsmasse vollständig getrennt wird, so

erhalten sich zwar die Reflexbewegungen der Vorder- und Hinterbeine. Allein beide werden auf die in §. 1527 geschilderte Weise unabhängig von einander.

2) Oeffnet man die Wirbelsäule eines lebenden Frosches und trennt das Rückenmark von der Gegend des vierten Wirbels bis zu der des Schwanzbeines in zwei gleiche seitliche Hälften, so daß der mit einem feinen Messer auszuführende Schnitt möglichst genau gerade in der mittleren Längslinie dahingeht, so verliert das Thier hierdurch nicht den Gebrauch seiner Hinterfüße, sobald der Versuch vollkommen gelungen ist. Wird es enthauptet, so veranlaßt häufig ein sensibler Reiz, welcher die rechten Hinterzehen trifft, Reflexbewegungen in beiden Hinterfüßen oder in allen vier Extremitäten. Ich theilte sogar auf diese Weise das ganze Rückenmark von der Gegend des ersten bis zweiten Wirbels an der Länge, nach und bemerkte noch die vollständigste Willensbewegung und nach der Enthauptung sehr verbreitete allgemeine Reflexionserscheinungen, wenn nur noch eine kleine Verbindungsbrücke unversehrter Parthien des centralen Nervensystemes vorn vorhanden war. Stilling[1]) bemerkte in dem gleichen Falle, daß lebende Frösche eine geringere Harmonie der beiderseitigen Bewegungen, besonders der beiden Vorderfüße darboten.

3) Macht man das Rückenmark von seiner oberen Seite her frei und führt den Längsschnitt durch die weiße Substanz dicht an den Eintrittsstellen der hinteren Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines, so wird dieses Letztere sogleich paralytisch. Schneidet man hierauf das Rückenmark quer durch, so veranlaßt der rechte Hinterfuß keine Reflexbewegungen und nimmt auch nicht an denen des linken Theil. Sie erhalten sich dagegen bisweilen, wenn der Schnitt etwas weiter nach innen geführt worden und mithin nicht bloß die peripherische Marksubstanz, sondern auch ein größerer oder geringerer Theil der centralen grauen Masse mit den Nervenwurzeln in Verbindung geblieben ist.

Diese Verhältnisse können uns bisweilen Momente an die Hand geben, um die Diagnose der Lähmungen zu specialisiren. Wir finden nicht selten Paralytische, welche keinen Stich, keine Verbrennung und überhaupt keine Verletzung ihrer unteren Extremitäten spüren und nicht die geringste Muskelzusammenziehung derselben durch den Einfluß ihres Willens zu vollführen im Stande sind. Kitzelt man dagegen, während sie horizontal liegen, die Fußsohle, so entstehen nicht bloß schwache Muskelzuckungen, sondern ihr Bein wird auch häufig zu einer beträchtlichen Höhe emporgeschleudert. Wir können hieraus schließen, daß die Ursache des Leidens in keiner completen Zerstörung des untersten Theiles des Rückenmarkes besteht, sondern nur die Verbindung desselben mit den oberen Parthieen und dem Gehirn auf irgend eine Weise vollkommen unterbrochen ist. Findet dagegen der erstere Fall Statt, so können keine Reflexbewegungen in den paralytischen Gliedern zu Stande kommen. Dieses muß auch schon dann Statt finden, wenn selbst die centrale graue Masse durch Erweichung oder aus irgend einem anderen Grunde unthätig gemacht worden oder die Ursache der Lähmungserscheinungen in den peripherischen Nerven oder deren Wurzeln liegt. Analoge Verhältnisse finden sich häufig bei Hemiplegischen. Kitzeln der Fußsohle z. B. bedingt nicht selten heftige Zusammenziehungen des Beines, auf welches der Wille so gut als gar keinen Einfluß hat.

---

[1]) Stilling Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig, 1842 8. S. 82.

Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich in Betreff derjenigen Thätigkeiten, bei welchen sich auch im Normalzustande die Reflexbewegungen wesentlich betheiligen. Diese Verhältnisse geben sich am Einfachsten an den Geschlechtstheilen zu erkennen. Nehmen wir an, daß ein Mann dadurch an den Genitalien und den unteren Extremitäten vollkommen gelähmt worden, daß das Rückenmark in seinem unteren Brusttheile eine Continuitätsunterbrechung erlitten, so wird ihm der Beischlaf keine Empfindung irgend einer Art erregen. Nichts desto weniger ist aber dann noch Erection und Ejaculation und mithin Befruchtung möglich. Die Steifung des Gliedes erfolgt sogar oft nach den geringsten Reizen der Penishaut, z. B. bei der Berührung mit der Hand, dem Einführen des Katheters, dem Ansetzen des Uringlases u. dgl. Eine Frau wird in dem gleichen Falle keine Wollust empfinden, kann aber nichts desto weniger schwanger werden und selbst schmerzlos gebähren. Das Vermögen, den Urin und die Excremente willkührlich zu entleeren, geht natürlich bei solchen Leidenden verloren. Allein auch hierbei finden wir die doppelte Modification, daß entweder der Harn und der Stuhl, sobald sie in die Nähe ihrer Austrittsstellen gelangt sind, unwillkürlich abgehen oder umgekehrt die Mündungen der letzteren krampfhaft verschlossen werden. Die Blase füllt sich in diesem Falle dergestalt, daß sie, wenn man nicht den Katheter einbringen kann, ihr Volumen bedeutend vergrößert, bis zu dem Nabel und noch höher emporsteigt und der Gefahr des Berstens in hohem Grade ausgesetzt wird. Auch diese letzteren Momente sind Reflexerscheinungen, welche nur bei Integrität des untersten Rückenmarkstheiles möglich bleiben.

Eine Reihe hierher gehörender Beispiele findet sich in Marshall Hall von den Krankheiten des Nervensystemes. Uebersetzt von Wallach. Leipzig, 1842. 8. S. 271 fgg.

1530 Die Fortdauer und theilweise Begünstigung der Reflexbewegungen, welche nach der Quertheilung des Rückenmarkes Statt findet, lehrt deutlich, daß es für das Zustandekommen dieser Erscheinungen im Allgemeinen gleichgültig ist, ob der veranlassende sensible Reiz zum Selbstbewußtsein gelangt oder nicht. Hieraus folgt schon von selbst, daß auch die Reflexthätigkeiten möglicher Weise an den Functionen der Eingeweide, welche die Höhlen der Brust, des Bauches und des Beckens ausfüllen, einen wesentlichen Antheil nehmen können. So richtig dieses aber auch im Allgemeinen ist und so viele directe Thatsachen dafür sprechen, so schwer wird es, genau anzugeben, wo dieser Einfluß beginne und wiederum aufhöre. Denn das aufgeschnittene und blutleere Herz kann auch noch, wenn es selbst von dem centralen und peripherischen, außerhalb seiner Masse befindlichen Nervensysteme getrennt ist, fortpulsiren. Die wurmförmigen Bewegungen des Darmcanales halten noch an ausgeschnittenen Darmstücken sehr reizbarer Säugethiere eine Zeit lang an. Drückt man eine isolirte Darmschlinge mit der Pincette zusammen, so entsteht zwar in der Regel keine so starke Peristaltik, als sich z. B. nach dem bloßen Oeffnen der Bauchhöhle durch den Reiz der Atmosphäre erzeugt. Allein es hängt von dem Grade der Reizbarkeit ab, ob die Einwirkung des Druckes nur eine örtliche oder eine sich weiter fortpflanzende Einschnürung veranlaßt. Aehnliche Erscheinungen lassen sich an der Harnblase, den Tuben, dem Uterus, dem Magen u. dgl. wahrnehmen.

1531 Ein Theil dieser Phänomene, vorzüglich diejenigen, welche am Magen, den dünnen und dicken Gedärmen, der Harnblase und den inneren Geschlechtstheilen vorkommen, scheint darin seinen Grund zu haben, daß die Reizbarkeitskräfte mit vieler Intensität in den einfachen Muskelfasern zurückgehalten werden und diese Elemente in allen genannten Organen als Längen-, Zirkel- und schiefe Fasern so verwebt sind, daß die energische

und ausgedehnte Verkürzung der einen zugleich die Thätigkeit der anderen und mithin eine Fortpflanzung des Reizes durch die Wiederholung dieses Processes erregen muß. Wir finden daher auch die bloß localen Wirkungen bei Säugethieren nur dann, wenn sich die Empfänglichkeit bedeutend verringert hat.

Was das Herz betrifft, so haben wir schon früher gesehen (§. 671), daß die periodischen Zusammenziehungen selbst der isolirten Muskelfasern desselben Stunden und sogar Tage lang bei Säugethieren anhalten können. Diese räthselhafte Erscheinung verharrt mithin in Fragmenten, welche nicht nur von dem centralen Nervensysteme, dem Vagus, Accessorius und Sympathicus, sondern auch von den Herzgeflechten und allen mit freiem Auge oder selbst unter dem Mikroskope aufzufindenden Herzzweigen getrennt sind. Sie bildet aber keine bloße Eigenthümlichkeit des an Ganglien so reichen Herzens, sondern kehrt mit noch größerer Zähigkeit am Zwerchfell, dessen Hauptnervenstamm keinen besonderen Reichthum an Nervenknoten darbietet, wieder. Diese Thatsachen deuten darauf hin, daß wir es hier weit eher mit einer Eigenthümlichkeit der Muskelfasern als der Nerven zu thun haben und vielleicht die anhaltende Uebung der periodischen Zusammenziehung, welche im Leben Statt findet, die Zähigkeit, mit welcher die Contractionen nach dem Tode anhalten, bedingt. Hierfür spricht auch, daß bisweilen die Intercostalmuskeln sehr lange nach dem Tode nachzittern [1]).

Diese automatischen Verhältnisse der Eingeweide und vorzüglich des Herzens bildeten einen Hauptgrund der früheren Annahme der angeblichen Selbstständigkeit des Sympathicus. Dasselbe wurde auch noch in neuester Zeit von Volkmann [2]) wiederholt. Dieser Forscher folgert zuvörderst aus der Fortdauer der Pulsation des ausgeschnittenen Herzens, daß sie von den automatischen Anregungen der Herznerven ausgehe und dieses Sichselbstgenügen und Sichselbstbestimmen des sympathischen Nerven dessen Selbstständigkeit beweise [3]). Nun hat Volkmann selbst durch seine früheren Beobachtungen [4]) den Satz bestätigt, daß die Wurzeln des Accessorius einen wesentlichen Einfluß auf die Herzbewegungen ausüben. Wollte man daher seinem Schlusse folgen, so wäre es bloße Consequenz, auch die Selbstständigkeit dieses Cerebrospinalnerven anzunehmen. Wenn es daher auch erwiesen wäre, daß die Schläge des ausgeschnittenen Herzens einzig und allein durch Einrichtungen des Nervensystemes bedingt würden, so könnte man die Erscheinung nur zu Gunsten des Einflusses der Ganglien, mögen sie an Zweigen des Sympathicus oder gewöhnlicher Cerebrospinalnerven haften, deuten.

Volkmann beruft sich noch fernerhin auf die schon seit Harvey [5]) bekannten Erfahrungen der fortdauernden Pulsation der einzelnen isolirten Stücke des Herzens und besonders auf die Beobachtung, daß in der Regel die von ihren Vorhöfen losgeschnittenen Kammern nicht mehr fortpulsiren und eine bis zu einem gewissen Grade durchgeführte Längentheilung derselben den automatischen Ventricularschlag aufheben solle. Da mithin dann die diese Wirkungen bedingenden Nerven abgeschnitten seien, so hörten auch die selbstständigen Zuckungen auf.

Betrachten wir zunächst das Thatsächliche, so finden wir, daß der Hauptpunkt, welcher den Erfolg bestimmt, weder den größten Theil der Vorhöfe, noch der Ventrikel, sondern die Gegend der Querfurche des Herzens betrifft. Isolirt man das noch pulsi-

---

[1]) Vergl. J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt, 1842. 8. S. 53.

[2]) Müller's Archiv. 1844, S. 419—29. [3]) Ebendaselbst S. 361.

[4]) Ebendaselbst, 1840. S. 498.

[5]) Guilielmi Harvaei Exercitationes anatomicae de motu cordis et sanguinis circulo. Roterdami, 1661. 12. p. 41.

rende Herz eines eben getödteten Frosches und trennt die untere Hälfte der Kammer durch einen Querschnitt los, so pulsirt dieses untere Fragment nicht mehr auf eine dem freien Auge sichtbare Weise von selbst fort, zieht sich aber sogleich, sobald man es mechanisch reizt, ein oder mehrere Male zusammen. Dagegen schlagen die Vorhöfe von Zeit zu Zeit ohne Anregung und nach ihnen der übrig gebliebene Ventricularring in abwechselndem Takte. Spricht man die Atrien, nachdem die Pulsation derselben aufgehört hat, an, so ziehen sie sich zuerst und nach ihnen der Ventrikelüberrest zusammen. Ganz die gleichen Erfahrungen machte ich an dem Herzen von neugeborenen Katzen, welche durch Strychnin getödtet worden waren.

Was die Längentheilungen betrifft, so fallen die Resultate derselben sehr verschieden aus. Trennt man die Vorhöfe und die Kammer in zwei ungefähr gleiche seitliche Hälften, so kann man bisweilen sehen, daß zuerst jede Hälfte der Atrien und dann jede des Ventrikels abwechselnd von selbst fortpulsirt. Allein schon hier stehen oft beide binnen Kurzem still, und noch häufiger ereignet sich dasselbe, wenn beide Abschnitte ungleich groß sind. Der kleinere von ihnen kommt nicht selten in Nachtheil. Oft pulsiren noch die Vorkammern, ohne daß der Ventrikel daran Theil nimmt.

Schneidet man einerseits ein oberes Stück des Vorhofes und anderseits ein unteres der Kammer aus dem pulsirenden Froschherzen aus, so schlägt in der Regel weder das eine noch das andere im Ganzen. Das Stück dagegen, welches die Grenze zwischen Atrien und Ventrikel enthält, pulsirt wenigstens in der ersten Zeit ungestört weiter.

Es versteht sich von selbst, daß die Erscheinungen der Pulsation im Großen und auf eine dem freien Auge kenntliche Weise von denjenigen Phänomenen, welche einzelne Muskelfasern unter dem Mikroskope darbieten (§. 671), wohl unterschieden werden müssen.

Diese Phänomene können möglicher Weise von den Nerven abhängen. Als Unterstützung einer solchen Ansicht wäre sogar die schon früher erwähnte Erfahrung anzuführen, daß die Einwirkung der wässerigen Opiumtinctur auf die Innenfläche der Kammer den Herzschlag des Frosches sogleich aufhebt, während ihn die auf die Außenfläche des Ventrikels unversehrt läßt. Eben so verlieren auch dann die getrennten Vorhof- und Kammerstücke ihre Reizbarkeit, so weit sich dieses mit freiem Auge beurtheilen läßt, sehr schnell. Allein der auffallende Zusammenhang der Pulsationen mit der Integrität des größten Theiles oder der Gesammtausdehnung der Querfurche des Herzens, mithin mit demjenigen Gebilde, von welchem die Muskelfasern der Vorhöfe und der Kammern ausgehen und an dem sie vorzugsweise ihren Halt- und Stützpunkt haben, läßt auch die Idee aufkommen, daß die mechanische Anordnung der contractilen Elemente eine wesentliche Rolle bei diesen Erscheinungen spiele.

Die mikroskopischen Ganglien, welche Remak an den Herznerven beobachtet hat, werden von verschiedenen Forschern als die Ursache der Fortdauer der Schläge des ausgeschnittenen Herzens angesehen. Allein selbst gegen diese Ansicht sprechen die ähnlichen Phänomene, welche das Zwerchfell der Säugethiere darbietet, in hohem Grade. Der N. phrenicus ist, wie wohl auch der eifrigste Vertheidiger der Selbstständigkeit des Sympathicus zugeben wird, ein Cerebrospinalnerv, der während seines freien Verlaufes weder mit dem Sympathicus in erheblicher Verbindung steht, noch selbst bedeutende Ganglien besitzt. Die Ganglia phrenico-hepatica des rechten N. diaphragmaticus und eben so das Ganglion diaphragmaticum der Sympathicusäste liegen erst unter dem Zwerchfell. Die linke Hälfte desselben entbehrt sogar jeder größeren Knotenbildung gänzlich. Die in sie einstrahlenden Zweige lassen selbst unter dem Mikroskope keine Anhäufungen von Nervenkörpern bei der Katze wahrnehmen, und dennoch pulsirt noch eine kleine Parthie dieses Theiles des Diaphragma, an der sich nur wenige gewöhnliche Muskelnervenzweige oder selbst diese nicht vorfinden, Stunden lang auf automatische Weise fort. Betheiligen sich aber hier nicht die Ganglien auf eine nachweisbare Art, so sind wir nicht berechtigt, ihnen selbst bei dem Herzen eine solche Rolle mit Bestimmtheit zuzuschreiben, und das Einfachste bleibt, diese Phänomene als eigenthümliche Muskelreizbarkeitserscheinungen anzusehen und die Ursachen ihrer Periodicität auf die ähnlichen Phänomene im Leben zu beziehen, oder was noch besser ist, vorläufig dahingestellt sein zu lassen. Denn ein Bekenntniß der Unwissenheit ist immer besser, als eine auf vorgefaßten Ideen fußende Erklärung.

Volkmann [1]) hat auch noch die Verhältnisse der Lymphherzen der Frösche in der oben erwähnten Mittheilung in das Gebiet der Discussion gezogen. Er giebt an, daß zwar die Pulsation der Lymphherzen nach der Enthauptung fortdauere, nach der Zerstörung des Rückenmarkes aber aufhöre. Nur ein flimmerndes Spiel einzelner Muskelbündel halte noch an. Aber selbst dieses zeige sich in den hinteren Herzen nie über ¼ Stunde, in den vorderen über ein Paar Minuten. Jede Zerstörung des Rückenmarks in der Gegend des dritten Wirbels hebe den Pulsschlag der vorderen und jede Zermalmung desselben in der Gegend des achten Wirbels den der hinteren Lymphherzen auf. Die Durchschneidung der hinteren Wurzeln störe die Pulsation nicht. Sie gehe aber sogleich nach der Trennung der vorderen zu Grunde. Volkmann folgert nun aus diesen Angaben, daß die Bewegung der Lymphherzen keine reflectorische sei, vielmehr direct von gewissen Punkten des Rückenmarks ausgehe und von animalen oder cerebrospinalen, nicht aber sympathischen Nervenfasern abhänge. Da nun jene keine Selbstständigkeit hätten, so hörten auch die Pulsationen sogleich nach der Durchschneidung der entsprechenden Nervenwurzeln auf, während die Selbstständigkeit des Sympathicus die Fortdauer der Thätigkeit des Blutgefäßherzens bedinge.

Gesetzt, alle von Volkmann angegebenen Thatsachen wären richtig, so würden sie doch noch nicht dessen Schlüsse begründen. Denn wir haben im Herzen ebenfalls cerebrospinale Fasern, welche entschieden auf die Muskelbewegungen einwirken, und doch dauert die Pulsation fort. Kann man sich aber hier mit der Terra incognita der mikroskopischen Ganglien auszuhelfen suchen, so hört dieses am Zwerchfell und vorzüglich an der linken Seite desselben auf, und doch halten noch oft die Pulsationen bei Kaninchen und Katzen länger als die des Blutgefäßherzens an.

Die ganze Sache gewinnt aber dadurch eine andere Wendung, daß sich keines der von Volkmann mitgetheilten Facta bestätigen läßt. Um dieses zu erhärten, will ich zuvörderst vier von denjenigen Specialversuchen, die ich in dieser Hinsicht angestellt habe, genauer anführen:

1) Da nicht immer die Pulsation der hinteren Lymphherzen durch die Haut hindurch deutlich genug wahrgenommen werden kann, so machte ich um 10 Uhr 12 Minuten einen Querschnitt durch die Haut über dem Schwanzbeine und verlängerte ihn zu beiden Seiten, so daß die beiden hinteren Lymphherzen durch Zurückschlagung des Hautlappens freier zu Tage kamen. Ich selbst beobachtete dann das rechte und ein Gehilfe gleichzeitig das linke Herz. Jenes zeigte in der Minute 58, dieses 59 Schläge. Nun wurde die Vereinigung des Hinterhauptes mit dem ersten Wirbel nebst dem in ihm enthaltenen centralen Nervensysteme mit einer starken Scheere rasch durchschnitten. Das rechte hintere Lymphherz pulsirte dann 68, das linke 65 Mal in der Minute. Hierauf führte ich einen Draht durch die Wunde ein und zermalmte das Gehirn vollständig, so daß alle Reflexbewegungen am Kopfe schwanden. Das rechte Herz gab dann 75, das linke 76 Schläge in der Minute. Nachdem nun das Rückenmark in der Gegend zwischen dem ersten und zweiten Wirbel durchschnitten worden war, erhielten wir rechts 60 und links 62 Pulsationen. Hierauf legte ich das ganze Rückenmark von dem zweiten bis zum letzten Wirbel bloß. Während und nach Beendigung der Operation war gerade das Stadium der größten Empfänglichkeit für Reflexbewegungen eingetreten. Das rechte Herz pulsirte aber nur 24, das linke bloß 27 Mal in der Minute. Nun durchschnitt ich um 10 Uhr 40 Minuten die hinteren Wurzeln der Hinterbeine. Rechts zeigten sich dann 32, links 37 Pulsationen des hinteren Lymphherzens in der Minute. Ich hob alsdann um 10 Uhr 42 Minuten das hintere Ende des Rückenmarks mit einer kleinen Pincette in die Höhe, trennte alle vorderen Nervenwurzeln bis zu den des dritten Nervenpaares so nahe als möglich an ihrem Durchgange durch den Wirbelkanal und entfernte endlich das ganze Rückenmark aus dem letzteren. Wir erhielten unmittelbar darauf rechts 47, links 41 vollständige und sicher zu zählende Pulsationen und keineswegs unbestimmte Erzitterungen. Diese Erscheinungen dauerten so lange fort, daß ich noch um 11 Uhr 7 Minuten an dem rechten hinteren Lymphherzen 32 Pulsationen und mein Gehilfe um 11 Uhr 7 Minuten 7 Pulsationen mit Bestimmtheit abzählen konnte. Ja sogar um 11 Uhr 15 Minuten ließen sich noch einzelne deutliche Schläge sehr gut erkennen. Die Pulsa-

[1]) Müller's Archiv. 1844. S. 419—23.

tionen der hinteren Lymphherzen dauerten mithin noch 27 bis 35 Minuten nach der Durchschneidung der vorderen Nervenwurzeln und der Entfernung des ganzen Rückenmarkes fort. Nach 11¼ Uhr schlug auch noch das rechte vordere Lymphherz ziemlich lebhaft und verhältnißmäßig stärker als das Blutgefäßherz. Das linke machte von Zeit zu Zeit einzelne sehr schwache Bewegungen. Sie steigerten sich aber zu ziemlich energischen Schlägen, wenn ich mit dem Messerrücken über die Weichgebilde, welche an dem großen Querfortsatze des dritten Wirbels angeheftet sind, hinfuhr.

2) Ich trennte um 10½ Uhr bei einem großen weiblichen Frosche die Verbindung des Hinterhauptes mit dem ersten Wirbel, zerstörte das Gehirn gänzlich, machte hierauf einen zweiten Querschnitt zwischen dem ersten und zweiten Wirbel und zermalmte das ganze Rückenmark. Alle Reflerbewegungen waren vollständig verschwunden. Es zitterten nur einige oberflächliche Muskeln der Brust, als ich die Bauchdecken spaltete — eine Erscheinung, die, wie wir gesehen haben, von der Integrität des in dem ersten Halswirbel eingeschlossenen Stückes des centralen Nervensystems herrührt. Ich schnitt nun vorsichtig und ohne Verletzung der Blutgefäße die beiden Grenzstränge des Sympathicus vom zweiten Wirbel an aus. Das Blutgefäßherz pulsirte schwach und langsam, das vordere linke Lymphherz dagegen sehr energisch. Der Capillarkreislauf stand in den beiden Schwimmhäuten fast vollkommen still. Nachdem ich die Eingeweide in ihre alte Lage gebracht, nähete ich die Bauchdecken wieder zu. Als ich um 11½ Uhr wieder nachsah, schlug das Blutgefäßherz sehr schwach, verstärkte aber seine Pulsationen, nachdem es einige Zeit an der Luft gelegen hatte. Das linke vordere Lymphherz machte 24 bis 32 Schläge in der Minute. Um 3¼ Uhr ergab das letztere 30 Schläge in der Minute, welche sich durch das Darüberfahren mit dem Messer noch verstärkten. Ich zerstörte jetzt den Ueberrest des centralen Nervensystems. Das linke vordere Lymphherz erzitterte dann, pulsirte aber bald darauf wieder ruhig fort. Um 3 Uhr 47 Minuten schien dasselbe auf den ersten Blick still zu stehen, ergab aber bald sehr deutliche Pulsationen, so wie ich nur leise mit dem Finger darüberfuhr. Das rechte hintere Lymphherz zuckte mehrere Male, sobald ich es mit der stumpfen Spitze der Scheere berührte. Das Blut ging indeß in einigen Capillaren der Schwimmhäute sehr langsam und stoßweise fort. Um 5 Uhr 35 Minuten ließen sich keine automatischen Pulsationen des Blutgefäß- oder des linken vorderen Lymphherzens wahrnehmen. Mechanische Reizung des ersteren blieb erfolglos. Solche des Lymphherzens rief 8 auf einander folgende Pulsationen hervor. Reizte man es dann von Neuem, so entstand wieder eine Succession von vollkommenen Schlägen. Am andern Morgen war Alles todt.

3) Ich hatte einen männlichen Frosch anderer Untersuchungen wegen dicht an dem vorderen Ende des ersten Halswirbels um 11½ Uhr enthauptet. Um 11 Uhr 52 Minuten schlug das rechte hintere Lymphherz 53, das linke 54 Mal in der Minute. Nun entfernte ich alle Eingeweide, schnitt die ganze Wirbelsäule (nebst dem in ihm enthaltenen Rückenmark) von dem ersten Wirbel bis zur Mitte des Schwanzbeines aus. Die Schläge der beiden hinteren Lymphherzen dauerten noch länger als zwei Stunden fort und verhielten sich bei den von Zeit zu Zeit vorgenommenen Zählungen folgendermaßen:

Zeit.	Zahl der Pulsationen in der Minute. Hinteres Lymphherz	
	rechtes.	linkes.
11 Uhr 54 Minuten.	25 — 28	pulsirt noch.
12 Uhr 11 Minuten.	37	36
12 Uhr 26 Minuten.	34	32
12 Uhr 41 Minuten.	21	24
2 Uhr 5 Minuten.	18	21

4) Nachdem das centrale Nervensystem eines erwachsenen männlichen Frosches um 10 Uhr 40 Minuten zwischen dem Hinterhaupte und dem ersten Halswirbel durchschnit-

ten worden war, wurde das Gehirn und das ganze Rückenmark so sorgfältig als möglich mit einem Eisenstabe zerstört und dann der Unterkiefer und sämmtliche Eingeweide entfernt. Um 10 Uhr 42 Minuten pulsirte das rechte vordere Lymphherz 97, das linke 49, um 10 Uhr 44 Minuten jenes 72, dieses 43 und um 11 Uhr 1 Minute das erstere 60, das letztere 40 Mal in der Minute. Nun wurde die Wirbelsäule um 11 Uhr 3 Minuten von hinten geöffnet und Alles bis zur Mitte des fünften Wirbels aufs Vollständigste herauspräparirt, so daß nur die Knochen der Wirbelkörper übrigblieben. Nichts desto weniger ergaben sich aus den späteren Beobachtungen folgende Resultate:

Zeit.	Zahl der Pulsschläge in der Minute. Vorderes Lymphherz	
	rechtes.	linkes.
11 Uhr 5 Minuten.	49	25
11 Uhr 12 Minuten.	48	30
11 Uhr 28 Minuten.	35	29
11 Uhr 40 Minuten.	44	47
11 Uhr 59 Minuten.	steht still	43

Eben so schnitt ich die hintere Körperhälfte von enthaupteten Fröschen dergestalt ab, daß die Trennungslinie durch das Schwanzbein und die beiden Lendengeflechte ging und mithin weder ein centrales Nervensystem noch ein Sympathicus an diesem hinteren Fragmente vorhanden war. Beide hinteren Lymphherzen pulsirten dann noch sehr lebhaft und regelmäßig eine Stunde und länger. Ihre Schläge erhielten sich sogar noch, wenn ich die Schenkel so nahe den Schenkelbugen als möglich losgetrennt hatte. Die vorderen Lymphherzen fallen nach Zerstörungen der Wirbelsäule leichter zusammen und stehen dann häufig still. Allein auch sie pulsirten noch in Einzelfällen länger als ½ Stunde fort, wenn selbst der Enthauptungsschnitt die oberen Randstreifen der großen Querfortsätze des dritten Wirbels hinweggenommen hatte.

Schwächt sich der Schlag der Herzen, so klopfen sie nicht im Ganzen, sondern eine Wellenbewegung schleicht mit größerer oder geringerer Intensität längs derselben hin.

Diese Thatsachen beweisen 1) daß die selbstständige Pulsation der Lymphherzen des Frosches noch fortdauern kann, wenn man die Grenzstränge des Sympathicus entfernt, die vorderen Wurzeln sämmtlicher Rückenmarksnerven durchschnitten oder zerrissen, das Rückenmark selbst herausgelöst oder zermalmt, oder endlich die ganze Wirbelsäule mit dem centralen Nervensysteme und beiden sympathischen Nerven exstirpirt hat. Es läßt sich daher nicht beurtheilen, ob ihre Bewegung nur direct von den vorderen Nervenwurzeln geleitet werde. Die von Volkmann angegebenen Resultate kann ich mir bei dem besten Willen nur daraus erklären, daß man die Bewegung der bloßgelegten Lymphherzen schon bei der Integrität aller Nervengebilde leicht übersieht, wenn man sie nicht in das rechte Licht gestellt hat. Bei der durch die Haut wahrgenommenen Pulsation der hinteren Herzen ereignet es sich häufig, daß der, welcher den Frosch hält, die Bewegung erkennt, eine daneben stehende Person dagegen dieselbe nicht mehr bemerkt. Schneidet man aber die Haut vorsichtig weg, so ist das Klopfen der hinteren Lymphherzen so stark, daß es sogleich in die Augen fällt.

2) Die Lymphherzen zeigen eine sehr große Aehnlichkeit mit dem Blutgefäßherzen. Ihre Reizbarkeit dauert oft kürzere, bisweilen aber auch längere Zeit, als die Irritabilität des letzteren. Wie das nur mit Atmosphäre gefüllte Blutgefäßherz fortpulsirt, so sah ich auch noch die Lymphherzen bei enthaupteten Fröschen schlagen, wenn ein Luftbläschen in ihnen enthalten war. Stehen sie still, so veranlassen häufig mechanische Reize bei beiden eine Wiederkehr der Pulsation, welche sich in einer Reihe successiver Schläge ausspricht. Gleichwie starke Verletzungen des centralen Nervensystemes oder des Körpers überhaupt den Puls des Blutgefäßherzens verändern können, so haben wir das Gleiche bei den Lymphherzen. Ich sah Vermehrung oder Verringerung der Schläge derselben,

Intermissionen und wurmartige Undulationen, nachdem nur das Rückenmark zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel oder seiner Länge nach bloßgelegt oder gänzlich zerstört war. Daß ein sensibler auf die Hinterfüße ausgeübter Reiz Reflexbewegungen der hinteren Lymphherzen der Schildkröten veranlasse, wurde von Joh. Müller[1]) beobachtet.

Weder das Fortpulsiren der Blutgefäß- noch das der Lymphherzen kann bei vorurtheilsfreier Betrachtung als ein Grund für die Selbstständigkeit der Ganglien, viel weniger des Sympathicus angesehen werden.

1532 Wenn z. B. ein die Bindehaut treffender mechanischer Reiz Thränenfluß veranlaßt, diese Wirkung aber nach der Durchschneidung des Trigeminus verloren geht, so können wir hieraus mit Recht schließen, daß die Reflexbewegungen einzelne Absonderungsorgane ebenfalls beherrschen und durch Continuitätsunterbrechungen der entsprechenden Nerven aufgehoben werden. Eine andere noch nicht zu entscheidende Frage betrifft jedoch die Bestimmung, wie sich die inneren Thätigkeiten der Drüsengänge nach dem Abschluß von den Centraltheilen reguliren. Wir wissen, daß Kreislauf und Absonderung in diesem Falle fortdauern. Ob sich aber dann die Porosität und Größen der Drüsengänge nothwendig verändern, ist unbekannt. Vgl. §. 455.

1533 Reflexempfindungen. — Mehrere theils physiologische, theils pathologische Erscheinungen führten zuerst Stromeyer[2]) zu einer specielleren Entwickelung der Thatsachen, welche andeuten, daß gewisse Zustände der Muskelthätigkeiten Veränderungen in den Reactionen der centripetal leitenden Nerven veranlassen. Angestrengtes Nahesehen erregt das Gefühl von Druck in der Augenhöhle, zu lange fortgesetztes Gehen unangenehme Empfindungen in den Muskeln, vorzüglich des Oberschenkels. Die Zusammenziehungen der Gebärmutter während und nach der Geburt bedingen die bekannten Schmerzen, welche die Namen der eigentlichen Wehen und der Nachwehen führen. Leute mit Gesichtsschmerz haben stärkere Anfälle nach dem Kauen, Lachen, Sprechen, Singen u. dgl.

Lassen sich aber auch diese normalen Erscheinungen anders deuten, so werden von Stromeyer mehrere pathologische Erfahrungen, bei welchen der Schmerz nicht in den afficirten Muskelgebilden, sondern in benachbarten Hautnerven auftritt, hierher gezogen. Der Anfang des freiwilligen Hinkens ist sehr oft von so starken Schmerzen im Knie begleitet, daß der Arzt leicht getäuscht werden und vermuthen kann, eine Krankheit des Kniegelenkes vor sich zu haben. Dieser Fall tritt vorzüglich dann ein, wenn die Beuger des Oberschenkels, Psoas und Iliacus internus, zu sehr gespannt erscheinen. Derselbe Knieschmerz kehrt auch bei anderen Leiden, in welchen das Gleichgewicht der Muskeln durch zu starke Contraction des Psoas, Iliacus, Pectineus, Sartorius gestört wird, wieder. Möglicher

---

[1]) Joh. Müller Ueber die Lymphherzen der Schildkröten. Berlin, 1840. 4. S. 4. und dessen Archiv. 1840. S. 3.

[2]) L. Stromeyer Ueber Paralyse der Inspirationsmuskeln. Hannover, 1836. 8. S. 90. Göttinger gelehrte Anzeigen, 1836. 8. S. 689—720 und 745—59 und De combinatione actionis nervorum et motoriorum et sensoriorum. Erlangae, 1839. 8. p. 2—18.

Weise könnten auch die schon §. 1324 erwähnten Fälle, in welchen der Oberarm oder der Oberschenkel amputirt wurde, ohne daß sich eine erhebliche die heftigen Schmerzen rechtfertigende Entartung des Ellenbogen- oder Kniegelenkes vorfand, hierher gehören. Man muß deshalb dann jedenfalls, bevor man sich zur Abnahme eines solchen Gliedes entschließt, genau prüfen, ob nicht eine Contractur der genannten Muskeln vorhanden ist, und wenn sie existirt, die subcutane Durchschneidung derselben vor jeder anderen Operation versuchen. Wir haben früher gesehen, daß die bloße Amputation des Oberarmes oder Oberschenkels nichts half, sondern erst die Exarticulation im Schulter- oder Hüftgelenke dem Kranken Ruhe verschaffte. Es ist denkbar, daß dieses nur dadurch zu Stande kam, daß erst jene bedeutende Verstümmelung des Patienten die als veranlassende Ursache wirkende Störung des Muskelgleichgewichts aufhob. Die letztere kann auch an den Amputationsstümpfen anhaltende oder nachlassende Schmerzen verursachen.

Bei dem sogenannten Malum coxae senile ist das Hüftgelenk nicht gebeugt, sondern gestreckt. Der Schmerz erscheint auch nicht im Knie, sondern an der Hinterfläche des Schenkels und zieht sich bis zur Kniekehle herab. Einzelne Forscher rechneten noch hierher die heftigen Schmerzen, welche bei der Fissura ani vorkommen und mittelst der Durchschneidung des Sphincter gehoben werden. Es fragt sich jedoch, ob nicht hier die sensiblen Nerven direct angegriffen sind und bei jener Operation unmittelbar getrennt werden.

Eine andere Reihe hierher gehörender Erscheinungen charakterisirt sich 1534
angeblich dadurch, daß keine erhöhte, sondern eine scheinbar oder wahrhaft verminderte Thätigkeit sensibler Nerven den gestörten Verhältnissen der Muskeln parallel geht. Als Stromeyer die Sehnen beider Fingerbeuger in der Mitte des ersten Phalanx durchschnitten hatte, bemerkte der Kranke sogleich, daß er seinen Finger nicht fühle. Nichts desto weniger unterschied in dem gleichen Falle ein anderer Patient die beiden in einiger Entfernung von einander aufgesetzten Zirkelspitzen als gesonderte Punkte. Man hatte es daher hier, wie es scheint, mit einer bloß subjectiven Perception zu thun. Reißt die Achillessehne in Folge einer Verletzung oder wird sie zu chirurgischen Zwecken durchschnitten, so verringert sich sogar nach Stromeyer die objective Tastempfindlichkeit der Haut des ganzen Fußes oder der Ferse, so lange die Extremität gut genährt ist. Die Erscheinung tritt aber an atrophischen Gliedern in hohem Grade in den Hintergrund. Es wäre sehr zu wünschen, daß diese Erfahrungen noch weiter von den Chirurgen verfolgt würden, da sich noch nicht die eben erwähnten Angaben unter einen gewissen Einheitspunkt bringen lassen [1]) und nicht jeder Verdacht accessorischer Nervenverletzungen beseitigt ist.

Das Zustandekommen der Reflexbewegungen entspricht vollständig den 1535
Gesetzen der Leitung des Nervenprincips. Das Aequivalent des anregenden sensiblen oder sensuellen Reizes geht seiner Natur nach centripetal

---

[1]) Vergl. auch Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 708.

und eben so die verursachte motorische Wirkung centrifugal. Die Rolle kehrt sich aber bei den Reflexempfindungen um, und es entsteht auf diese Art die Frage, wie der centrifugal nach den peripherischen Organen strömende motorische Reiz sensible Reactionen in dem centralen Nervensysteme veranlassen kann. Das Problem läßt sich leicht lösen, wenn wir die centralen Nervenkörper als diejenigen Theile betrachten, welche ursprünglich die Strömungen der Nervenfasern anregen. Ist z. B. das Gleichgewicht in den Muskeln des Hüftgelenkes gestört, so befindet sich eine Parthie derselben, z. B. die der Beuger oder die der Strecker, in übermäßiger anhaltender Zusammenziehung, d. h. ihre motorischen Fasern, oder richtiger die ihnen entsprechenden centralen Nervenkörper befinden sich in einem erhöhten Thätigkeitszustande. Theilt sich dieser benachbarten Nervenkörpern sensibler Nerven mit, so muß der Schmerz entstehen und so lange, als jene ersteren überreizt sind, anhalten. Da nun aber oft die sensiblen Fasern peripherischer Hautstellen und die motorischen der ihnen benachbarten Muskeln, wie schon die Reflexbewegungen lehren, einen gegenseitig anregenden Einfluß ausüben, so wird es erklärlich, weshalb die fortdauernde übermäßige Zusammenziehung der Beuger des Hüftgelenkes bei dem freiwilligen Hinken Schmerzen im Knie und die der Strecker bei dem Malum coxae senile unangenehme Empfindungen an der Hinterseite des Oberschenkels veranlaßt.

J. Heine [1]) gab eine etwas verschiedene Erklärung dieser Erscheinungen. Wenn nämlich ein motorischer Nerv sein Nervenprincip in den Muskel durch den Einfluß des Willens oder aus anderen Ursachen zu entladen verhindert ist, so häuft sich die Nervenkraft in der jenen Nerven entsprechenden Centralprovinz an, afficirt daher die benachbarten Provinzen sensibler Nerven und erzeugt auf diese Art Schmerz. Heine belegt dieses Phänomen mit dem Namen des Belastungsgesetzes der Nerven.

Einzelne Forscher nehmen noch an, daß die Thätigkeiten der entsprechenden Muskeln die sensuellen nervösen Apparate zu schärfen und in ihrer Empfindlichkeit zu erhöhen im Stande sind. Sie berufen sich in dieser Beziehung auf die überwiegende Thätigkeit der Recti interni und die Verkleinerung der Pupille, bei der Betrachtung naher Objecte von geringem Umfange, die Function der Ohrmuskeln bei dem scharfen Hören der Thiere, die Bewegungen der Nase und Zunge bei dem feinen Riechen und Schmecken und die sicherere Schätzung der Gewichte bei gleichzeitiger Anwendung von Muskelzusammenziehungen. Wir haben aber schon in der Sinnenphysiologie gesehen, daß alle diese Erscheinungen nur die Mechanik der einzelnen Sinne passend einrichten und unterstützen und mithin wahrscheinlich nicht hierher in dem oben angeführten Sinne zu rechnen sind.

1536 Endlich können noch sensible Reflexempfindungen durch die übermäßige Thätigkeit der sensuellen Nerven entstehen. Hierher gehört der Schmerz in den Augen nach übermäßiger Anstrengung derselben und im Ohre nach dem Hören sehr feiner und gellender Töne. Wie man leicht sieht, paßt auch die oben augegebene hypothetische Erklärung der motorisch-sensiblen Reflexempfindungen auf diese Erscheinungen.

1537 Gegenseitige Beziehungen der verschiedenartigen Nerventhätigkeiten. — Schon der Gesunde wird in den meisten seiner Bewegungen durch vorangegangene sensuelle oder sensible Eindrücke bestimmt.

---

[1]) J. Heine Physio-pathologische Studien aus dem ärztlichen Leben von Vater und Sohn. Eine Gedächtnißschrift für Johann Georg Heine, den Orthopäden. Stuttgart und Tübingen, 1841. 8. S. 66—77.

Er streckt seine Hand nach Dingen, die er sieht, wendet seinen Kopf nach solchen, welche tönen oder riechen. Die Gefühlswahrnehmungen seiner Füße bestimmen die Stellung, welche er annimmt u. s. w. Noch merklicher greifen diese Erscheinungen in Krankheitszuständen ein. Leidet ein Mensch an bloßer Lähmung der sensiblen Nerven seiner unteren Extremitäten, während die Bewegungen derselben seinem Willen gehorchen, so ist dessenungeachtet sein Gang schwankend und unsicher, weil der normale Regulator der Tastempfinglichkeit fehlt. Es giebt Kranke, die hohe Grade unvollkommener Lähmung darbieten und sich noch mit offenen Augen frei stehend erhalten können, bald dagegen, nachdem man ihnen die Augen verbunden hat, wanken und Gefahr laufen, umzusinken.

Ob die bloße Lähmung der motorischen Wurzeln eines Gliedes an 1538
und für sich zugleich die Empfindung abstumpft oder träger mache, ist noch nicht bekannt. Hunde wenigstens, deren Bewegungsnerven der Hinterbeine durchschnitten worden, fühlen jeden Nadelstich an denselben deutlich. Wäre aber auch dieses nicht der Fall, so könnten die negativen Resultate eben so gut durch das Bloßliegen des Rückenmarkes bedingt sein. Noch weniger sind natürlich Krankheitsbeobachtungen und Sectionsresultate diese delicate Frage in Betreff des Menschen zu entscheiden im Stande.

Einzelne Paraplegien oder andere Bewegungslähmungen verbinden sich nicht selten mit einer erhöhten Empfindlichkeit gewisser Hautstellen, so daß die Berührung derselben bedeutende Schmerzensempfindungen und zugleich ausgedehnte Reflerbewegungen veranlassen kann [1]. So dunkel aber auch die Ursachen solcher Empfindungen sind, so wenig dürfen wir sie mit Sicherheit hierher ziehen, weil uns der Gang der Entartung im centralen Nervensysteme und deren Einfluß auf die Stimmungsthätigkeit der einzelnen Nervenkörper ganz und gar unbekannt ist.

Mitbewegungen. — Die Reizung eines peripherischen motorischen 1539
Nerven ruft, wie wir gesehen haben, nur in denjenigen Muskeln, welche von ihm bewegende Primitivfasern erhalten, Zuckungen hervor. Diese combiniren sich dann je nach Verschiedenheit des Nervenstammes zu ausgedehnteren Flexions- oder Extensionswirkungen oder bedingen isolirte Zusammenziehungen der in Affection gesetzten contractilen Gebilde. Anders dagegen verhalten sich diejenigen Muskelthätigkeiten, deren ursprüngliche Anregung von dem centralen Nervensysteme ausgeht. Hier erstrecken sich die Effecte auf eine größere regelmäßig verbundene Reihe von Muskeln. Die Contraction eines Muskels veranlaßt dann die Mitbewegung oder die associirte Bewegung einer Reihe von anderen.

Die einfachste Ursache dieser Erscheinung bildet ein gewisser Grad von 1540
Unvollkommenheit des Willenseinflusses. Bemühen wir uns, einen Muskel, welcher in der Regel nicht isolirt thätig ist, zur Zusammenziehung zu bringen, so contrahiren sich zugleich auch solche Muskeln, die gewöhnlich mit ihm gleichzeitig wirken. Die meisten Menschen runzeln z. B. die Stirn, wenn sie nur ein Auge vollständig schließen wollen, oder bewegen einzelne Theile ihres Gesichtes, sobald sie die Nasenflügel stark zu heben oder

---

[1]) Marshall Hall Von den Krankheiten des Nervensystems, übersetzt von Wallach. Leipzig, 1842. 8. S. 289. 90.

das eine Ohr in Bewegung zu setzen beabsichtigen. Sie können nicht ohne besondere Uebung die vier gestreckten Finger dergestalt aus einander spreizen, daß einerseits Zeige- und Mittel- und anderseits Ring- und kleiner Finger beisammen liegen und zwischen beiden ein möglichst großer Zwischenraum übrig bleibt. Alle diese Unvollkommenheiten lassen sich aber durch Uebung eliminiren. Wir sind dann im Stande, eine immer kleinere Provinz von Muskeln oder selbst Muskelabtheilungen durch unseren Willen zu beherrschen.

1541 Gleichartige symmetrische Muskeln gerathen leicht in homogene Bewegungen. Viele Functionen, wie z. B. das Athmen, Lachen, Weinen, Sprechen u. dgl. sind sogar hierauf basirt. Die einander entsprechenden Muskeln der beiden Hälften des Gesichtes, der Brust, des Bauches und dgl. arbeiten hierbei gleichzeitig. Sehr viele Menschen können das eine Auge nur nach besonderer Uebung ohne das andere fest schließen und müssen sich daher z. B. eines von beiden bei dem Sehen durch ein Fernrohr oder Mikroskop mit den Fingern zuhalten. Einzelnen Personen, welche ihre Ohrmuskeln willkürlich in Thätigkeit zu versetzen vermögen, bewegen zugleich das zweite Ohr, sobald der Willenseinfluß nur eins afficirt. Es ist sehr leicht, beide Arme gleichzeitig nach vorn oder nach hinten zu drehen, schwer dagegen diese Rotationen in demselben Momente nach entgegengesetzten Richtungen auszuführen.

1542 Wie z. B. die Regenbogenhaut des Auges am deutlichsten beweist, gehorchen die unwillkürlichen Muskeln diesem Gesetze ebenfalls. Jede Veränderung der Pupille des einen Auges veranlaßt zugleich solche des andern. Diese Norm kann selbst noch dann, wenn der eine Bulbus größtentheils oder gänzlich erblindet ist, durchgreifen und daher auf den ersten Blick zu irrthümlichen Schlüssen in Betreff des Sehvermögens Veranlassung geben.

1543 Die paarige Thätigkeit erleidet eine sehr eigenthümliche Modification an den Augenmuskeln. Die Berücksichtigung der Zweckmäßigkeit der Functionen verändert hier zum Theil die allgemeine Regel. Kein Mensch kann das eine Auge ohne das andere heben oder senken. Die beiden Recti superiores und inferiores wirken mithin, wie gewöhnlich, gleichzeitig. Wenden wir den Blick nach rechts, so zieht sich der Rectus externus des einen und der Rectus internus des anderen Bulbus in demselben Augenblicke zusammen. Diese Bewegung ist zwar keine anatomisch symmetrische, aber wenigstens eine physiologisch harmonische. Denselben Charakter haben natürlich die Wandungen des einen Augapfels nach oben und innen oder nach unten und innen und des anderen nach oben und außen oder unten und außen, wenn sie durch Combinationen von Rectus internus oder externus mit dem Rectus superior und inferior bedingt werden. Allein das Eigenthümlichste ist, daß jeder Mensch seine beiden Recti interni, nicht aber seine beiden Recti externi nach Belieben zusammenziehen kann. Wir müssen beide Augen gleichzeitig nach innen wälzen können, weil sie, wie wir gesehen haben (§. 1153), nie parallel werden, sobald wir einen Gegenstand mit beiden Bulbis zugleich fixiren. Eine Divergenz dagegen, wie sie bei der gemeinschaftlichen Wirkung der beiden Recti externi zu Stande

käme, wäre mit dem gleichzeitigen Sehen mittelst zweier Augen unverträglich. Sie könnte nur verschiedene doppelte Bilder liefern und die Auffassung stören. So klar nun auch die optische Nothwendigkeit jener Einrichtung der Augenmuskeln ist, so sehr die gleichzeitige Thätigkeit der Recti interni mit den übrigen Mitbewegungsverhältnissen stimmt, so wenig kennt man bis jetzt mit Sicherheit den Grund, weshalb niemals beide Recti externi im gesunden Zustande activ zusammenwirken. Daß hierbei von keinen bloßen Gewohnheitserscheinungen, sondern nur von organischen Gesetzen die Rede sein könne, versteht sich von selbst und wird überdies noch dadurch erhärtet, daß schon das kleine Kind dieselben Phänomene wie der Erwachsene darbietet.

Verschiedene Hypothesen, diese Eigenthümlichkeit zu erklären, finden sich in: Joh Müller Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abthl. I. 1837. 8. S. 85—87. De functionibus nervorum. p. 31. C. G. T. Ruete Neue Untersuchungen und Erfahrungen über das Schielen und seine Heilung. Göttingen, 1841. S. 31 fgg.

Manche Mitbewegungen bilden nothwendige Glieder der Kette des 1544
Organismus, während andere diese Grundbedingung der Zweckmäßigkeit trotz ihrer regelmäßigen Wiederkehr nicht darbieten. Natürlich müssen alle Muskeln, welche den Athmungsmechanismus bedingen, zusammenwirken. Keine Fortdauer des Lebens wäre ohne ihre gemeinschaftliche Arbeit denkbar. Wenn aber ein Mensch, der tief und mühsam respirirt, zu gleicher Zeit Verzerrungen seines Gesichtes darbietet, so sind diese, wie sich von selbst versteht, außer Stande, seine Respiration zu verbessern. Sie rühren nur davon her, daß er die Nasenflügel möglichst stark zu erweitern sucht, um einen bedeutenderen Luftstrom einzusaugen, und daß auch bei dieser Gelegenheit die übrigen Gesichtsmuskeln nach dem schon §. 1540 erwähnten Localitätsgesetze mitspielen. Denn die Angst, welche den Menschen quält, vermindert dann auch den Oertlichkeitsbefehl seines Willens.

Gerade der Athmungsmechanismus zeigt deutlich, wie solche nothwen- 1545
dige Mitbewegungen ihre bestimmten Regulatoren in einzelnen Provinzen des centralen Nervensystemes haben und in welchem Grade dieses die Bedürfnisse des Organismus functionell beherrscht und gleichsam mikrokosmisch wiedergiebt. Man stellte sich zunächst vor, daß die in die Lungen eingezogene Atmosphäre die sensiblen Fasern der Schleimhaut reizt und die Athembewegungen als Reflexerscheinungen veranlaßt. Allein schon das lange Anhalten dieser motorischen Regungen bei dem Erstickungstode, welcher durch eine um die Luftröhre geschlungene Ligatur bedingt wird, konnte eine solche Ansicht widerlegen. Weder die Durchschneidung der Vagi, noch die vollständige Isolirung oder selbst die Exstirpation der Lungen [1]) und des Herzens hebt den Athmungsmechanismus auf der Stelle auf. Eben so gelangt man zu dem gleichen negativen Resultate, wenn man das große oder das kleine Gehirn entfernt. Sogar die völlige Exstirpation des Rückenmarkes ist nicht im Stande, alle Athemanstrengungen zu vernichten. Die Mechanik steht aber nach der Zerstörung der Medulla oblongata, wie

[1]) Volkmann in Müller's Archiv, 1840. S. 337.

wir später bei den Specialthätigkeiten derselben sehen werden, sogleich still. Sie allein bildet daher den Regulator der Athembewegungen, so lange sie unverletzt ist und eine hinreichende Speisung und Belebung durch den Zufluß arteriellen Blutes empfängt, oder ihre frühern Kräfte zurückzuhalten im Stande ist. Fehlt die erstere Bedingung, so werden die Athmungsanstrengungen zunächst größer und tumultuarischer und hören endlich, wenn nicht Hilfe geschafft wird, gänzlich auf. Jedes erstickende Säugethier kann uns anschauliche Belege hierfür liefern.

1546 Die Athembewegungen können aber auch, indem sie ihre Regulationsquelle im verlängerten Marke haben, auf dem Wege des Reflexes verstärkt werden. Die Erscheinungen des Niesens nach Reizungen der Nasenschleimhaut, die des Hustens nach Affectionen der Innenhaut des Kehlkopfes, der Luftröhre oder der Lungen, die des Schluchzens durch Anregungen der Magenschleimhaut liefern unmittelbare Belege hierfür. Die Verstärkung der Athembewegungen und des Herzschlages bei dem Laufen, dem raschen Berg- oder Treppensteigen u. dgl. sind wahrscheinlich ebenfalls in ähnlichen Verhältnissen begründet.

Da endlich das verlängerte Mark nicht bloß die Nerven der Athemmuskeln, sondern auch die der meisten übrigen Körpertheile enthält, so erklären sich hieraus auch leicht die allgemeinen Krämpfe, die bei der Zerstörung desselben zu Stande kommen.

1547 Obgleich kein Muskel unseres Körpers, welcher einfache Fasern besitzt, dem Einfluß unseres Willens unterworfen ist, so hat doch die Natur wiederum der Zweckmäßigkeit des Organismus wegen die Einrichtung getroffen, daß manche von ihnen indirect durch den Befehl unseres Geistes verändert werden können. Dieses geschieht dann auf dem Wege der Mitbewegung nach der Contraction oder Erschlaffung eines mit quergestreiften Fasern versehenen Muskels, welcher unserem Willen gehorcht. Einen deutlichen Beleg hierfür giebt die Regenbogenhaut des Auges. Drehen wir z. B. den einen Bulbus nach außen, den anderen dagegen der harmonischen Thätigkeit der Augen entsprechend nach innen, so zeigt sich keine Veränderung der Größe des Sehloches, welche diesen Thätigkeiten allein entspräche. Die Pupille verkleinert sich aber, so wie wir die beiden Augen z. B. behufs der Fixation eines näheren Gegenstandes nach innen wenden, und vergrößert sich, sobald die Convergenz nachläßt. Wir können hieraus schließen, daß die gleichzeitige Energie der beiden Recti interni auch diejenigen Muskeln der Regenbogenhaut, welche die Verringerung des Sehloches bewirken, zur Action anregt, während das Ueberwiegen der Recti externi den entgegengesetzten Erfolg bedingt.

1548 Die Erscheinungen, welche die sogenannte willkürliche Bewegung der Pupille veranlassen, führen uns in dieser Hinsicht noch um einen Schritt weiter. Man kann sich nämlich durch Uebung [1]) die Fähigkeit aneignen, daß sich das Sehloch des linken starr hinblickenden und feststehen-

---

[1]) Siehe J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag, 1819. 8. S. 124.

den Auges, während man sich das rechte zuhält, nach dem Befehle des Willens verkleinert oder vergrößert. Die ganze Kunst besteht aber nur darin, daß man um diese Zeit mit dem rechten, dem Blicke jedes Zweiten entzogenen Auge nach innen schielt. Seine Pupille verkleinert sich dann und zieht mithin auch die Durchmesserverminderung des Sehlochs des unbewegten Bulbus nach sich. Die genannte Fertigkeit beruht also darauf, dieses letztere still zu halten, während das geschlossene nach innen rollt. Diese Thatsache zeigt deutlich, daß schon die Contraction des einen Rectus internus die Pupillen beider Augen verkleinern kann, wenn nur nicht der Rectus externus des anderen Bulbus durch seine Zusammenziehung ein stärkeres Contrebalancement bewirkt.

Offenbar steht die gemeinschaftliche Nervenversorgung der Iris und des Rectus internus durch den R. inferior N. oculomotorii mit diesen Verhältnissen in inniger Beziehung. Die näheren Momente der hierbei Statt findenden Verhältnisse aber sind uns für jetzt noch gänzlich verborgen.

Die Entleerung des Harns und des Stuhlganges beruht wahrschein- 1549
lich, wie §§. 198 u. 497 erläutert wurde, auf zum Theil ähnlichen Einrichtungen. Die mit quergestreiften Fasern versehenen Schließer der Ausgänge dieser Theile erschlaffen auf den Befehl unseres Willens. Ist dieses geschehen, so beginnen dann die einfachen Muskelfasern der Blase und des Mastdarmes ihre Druckkräfte auszuüben. Die Natur hat auf solche Art diese sonst von den Anordnungen unseres Bewußtseins emancipirten Functionen indirect denselben untergeordnet.

Die vollständige Regulation der Mitbewegungserscheinungen durch die 1550
Kräfte einzelner Gegenden des centralen Nervensystems umfaßt nicht bloß die gleichzeitige, sondern auch die antagonistische Thätigkeit verschiedener Muskelgruppen. Wenn die Inspiratoren erschlaffen, fangen die Exspiratoren zu arbeiten an. Der Nachlaß des Verschlusses von Harnblase und Mastdarm regt die Zusammenziehung der einfachen Muskelfasern dieser Theile an. Beuger und Strecker kommen bei dem Gehen in abwechselnde Thätigkeit.

So leicht sich alle diese Phänomene im Allgemeinen angeben lassen, 1551
so wenig kennen wir die sie veranlassenden Hebel des centralen Nervensystems im Einzelnen. Unsere Unwissenheit giebt sich schon in dieser Hinsicht in Betreff der Reflexbewegungen deutlich kund. Ein Nadelstich kann isolirt empfunden werden oder örtliche oder allgemeinere Zuckungen anregen. Wir wissen aber nicht, warum dann der Reiz gerade in dieser und nicht in jener Weise überspringt. Eben so unbekannt bleibt es, durch welchen speciellen Mechanismus des centralen Nervensystemes die eine oder die andere Verbindung, die Coincidenz oder der Antagonismus der Muskelgruppen bewirkt wird. Die Physiologie hat das Studium der Functionen der größeren Massen des centralen Nervensystemes noch nicht beendigt. Erst wenn dieses geschehen, wird man zu kleinen Oertlichkeitsverletzungen des Gehirns und Rückenmarkes übergehen können, um die Ursachen der eben behandelten Wirkungen genügend zu ermitteln.

Mitempfindungen. — Die Vollkommenheit des Organismus 1552
verlangte, daß jeder sensible Eindruck möglichst localisirt sei, d. h. jede

Mitempfindung einer anderen Stelle vermieden wird. Es kommen daher nur bei sehr großer Heftigkeit der Einwirkung oder unter krankhaften Zuständen consensuelle Wahrnehmungen an anderen Punkten des Körpers als denjenigen, welche unmittelbar von dem Reize getroffen worden sind, vor.

1553 Ein örtlicher Eindruck kann zu allgemeinen Empfindungen Veranlassung geben. Hierher gehört z. B. der Schauer, der uns einige Augenblicke, nachdem wir auf ein Sandkorn gebissen, einen Bindfaden gewaltsam durch die Zähne gezogen, sehr feine klirrende und ungewohnte Töne oder Geräusche gehört oder uns den Nacken mit einer steifen Bürste gerieben haben, überfällt. Die Zerrung oder Unterbindung eines einzigen Nervenzweiges ist im Stande, das Gefühl des Brennens in der ganzen Haut zu veranlassen.

1554 Während aber hier die Heftigkeit oder Eigenthümlichkeit des Eindruckes eine weiter ausgedehnte Explosion des centralen Nervensystemes bedingt, geben auch viele Kranke Beispiele örtlicher Mitempfindungserscheinungen. Die nächste Veranlassung hierzu bildet die Nachbarschaft des Verlaufes der Primitivfasern. Wenn z. B. ein Individuum an heftigen Zahnschmerzen des Oberkiefers leidet, so werden auch leicht die übrigen Zweige des zweiten Astes des dreigetheilten Nerven mit afficirt. Es stellen sich unangenehme Empfindungen in der Wange und der Umgebung derselben ein. Umgekehrt nimmt oft ein Mensch, der zu Schmerzen in den Backzähnen geneigt ist, ein Ziehen in denselben wahr, sobald er sich die benachbarte Wangenhaut rasirt. Steine in der Blase verursachen oft Jucken in der Eichel, so daß hierdurch Patienten der Art zur Selbstbefleckung verleitet werden können. Reizung eines einzelnen Fingernerven veranlaßt neuralgische Leiden der ganzen Hand u. dgl. mehr. Alle solche Erscheinungen erklären sich leicht, wenn man annimmt, daß sich der entzündliche Zustand immer weiter centripetal an dem Nervenzweige fortpflanzt und auch auf diese Art unmittelbar benachbarten Aesten mittheilt.

Erstreckt sich die übermäßige Anregung bis in das centrale Nervensystem hinein, so können sehr entfernt liegende Organe zur Mitempfindung gestimmt werden. Hierher gehören z. B. das Gefühl von Drücken in den Augen, von Heißhunger, Magenschmerz, Aufblähung der Därme u. dgl., welches viele Onanisten nach bedeutenden Samenentleerungen oder öfterer Wiederholung der Reizung ihrer Geschlechtstheile spüren, die Affectionen der Augen, die Stirn-Kopfschmerzen, die Neuralgien des Gesichtes bei Unterleibskranken, der Heißhunger bei einzelnen organischen Störungen des Herzens, die Empfindungen im Magen bei Leiden der Nieren, der Hoden, der Ovarien oder der Gebärmutter.

1555 Endlich können noch auf diese Art scheinbar von einander vollkommen unabhängige Parthien des Organismus durch Vermittlung des centralen Nervensystems in Thätigkeit gesetzt werden. Die häufigsten Fälle der Art finden sich bei Menschen mit Neuromen, bei Hypochondristen und vorzüglich bei hysterischen Frauen. Die letzteren können hierdurch die täuschendsten Symptome von organischen Affectionen der Brustdrüse oder der Gelenke veranlassen, so daß sich sogar schon Chirurgen zu Amputationen verleiten

ließen, die Personen unnöthiger Weise verstümmelten und ihre Leiden durch solche unnütze Operationen eher erhöhten als verminderten. Unreinigkeiten oder sensible Reize im Magen haben bisweilen bei Männern die heftigsten Schmerzen in der Wade, dem Knöchel oder dem Fuße zur Folge gehabt. Ein Brechmittel verscheuchte diese Symptome auf der Stelle. Die Verletzung eines kleinen Nervenastes eines Fingers einer Frau verursachte die bedeutendste Neuralgie in der ganzen oberen Extremität, der Brust und dem Kopfe, die sich sogar nur theilweise durch die Amputation des Fingers hob. Ein unbedeutendes Neurom an der Brust zieht bisweilen heftige Schmerzen im Arme, im Rücken u. dgl. nach sich. Ist eine Stelle der Vaginalschleimhaut wund getrieben, so daß ein Nervenästchen freiliegt, so erregt oft der Beischlaf unerträgliche Schmerzen in der ganzen Scheide. Das Leiden steigert sich dann nicht wenig durch die bald folgende krampfhafte Zusammenziehung des Constrictor cunni. Nicht sehr selten heilt einer der Nervenknollen eines Amputationsstumpfes so ein, daß eine schmerzhafte Reizung entsteht. Die krankhafte Empfindung beschränkt sich aber nicht bloß auf den Ueberrest der Extremität, sondern die Haut des Bauches und der Brust wird so empfindlich, daß sie nicht die geringste Berührung verträgt. Die Exstirpation des Nervenknollens oder eine abermalige Amputation des Stumpfes mit Verhütung der Wiederkehr der früheren veranlassenden Ursache hebt auch die Folgenerscheinungen derselben. Alle diese Leiden finden sich bei Weitem häufiger bei Frauen als bei Männern.

Beispiele der Art sind gesammelt in: H. Mayo Grundriss der speciellen Pathologie. Uebersetzt von Amelung. Athl. I. Darmstadt, 1838. 8. S. 181 fgg. B. C. Brodie Vorlesungen über örtliche Nervenleiden. Aus dem Englischen von Kürschner. Marburg, 1838. 8. S. 9 fgg. G. Hirsch Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg, 1843. 8. S. 77 fgg. u. 131 fgg.

Das noch gegenwärtig in der Physiologie und vorzüglich der praktischen Medicin herrschende Bestreben, eine Reihe von Einflüssen auf die Erscheinungen des Stoffwandels dem Nervensysteme ohne hinreichenden Grund zuzuschreiben, hat auch hierher die meisten sogenannten Sympathien der Organe oder Gewebe gezogen. Allein die Mehrzahl dieser Phänomene läßt sich entweder sicherer aus anderen rein materiellen Ursachen herleiten oder wenigstens nicht mit irgend beweisenden Gründen als Wirkungen der Nerventhätigkeit darstellen. Zuvörderst greifen hier zwei Hauptthebel, nämlich die Mittheilung des krankhaften Zustandes an benachbarte Theile und das schon (§. 138) erörterte Gesetz des organischen Gleichgewichtes auf eine sehr wesentliche Weise ein. Auf diese Art pflanzen sich Entzündungen und deren Folgen längs der Haut, der Schleimhäute, des subcutanen Zellgewebes, der serösen Häute, der Lymphgefäße u. dgl. fort, oder theilt sich der krankhafte Zustand einer Schleimhaut einer benachbarten Drüse, der des Periostes der Markmembran des Knochens u. dgl. mit. Alle diese Contactsympathien werden keineswegs, so viel wir bis jetzt wissen, durch das Nervensystem veranlaßt. Das Gleiche gilt von den antagonistischen Verhältnissen, welche z. B. zwischen der äußeren Haut und den Schleimhäuten Statt finden. Sie bilden nur den Ausdruck der Störung des organischen Gleichgewichtes und haben ihre bedingende Ursache weder in den centralen, noch in den peripherischen Theilen der nervösen Apparate.

Eine andere Reihe von Sympathien von Organen sind uns noch gänzlich dunkel und bleiben es vorläufig noch, wenn man selbst die durch nichts bewiesene Beihilfe des Nervensystemes in Anspruch nehmen will. Hierher gehören z. B. die Beziehungen der Geschlechtstheile zu den Brüsten, der Schild- und der Ohrspeicheldrüse.

Eine ausführliche kritische Betrachtung der sogenannten Nervensympathien hat Henle in seinen Pathologischen Untersuchungen. Berlin, 18 0. 8. S. 83—165. geliefert.

1556 Beziehungen der Centraltheile des Nervensystems zu den Ernährungserscheinungen. — Die Zerstörung der Centraltheile des Nervensystemes hebt den Kreislauf der Frösche nicht auf. Schneidet man z. B. das Rückenmark zwischen dem zweiten und dritten Wirbel durch und zermalmt es mit einem Drahte bis an sein hinteres Ende, so geräth die Circulation im Anfange in Unordnung und stockt auch wohl in den meisten Capillaren der Schleimhaut, während das Blut in einzelnen Gefäßchen pulsatorisch, in anderen langsam, aber continuirlich fortrückt. Hat sich dagegen das Thier einige Zeit erholt, so gelingt es nicht selten, den Kreislauf in seiner vollkommenen Lebhaftigkeit zu beobachten.

1557 Zerstört man das gesammte centrale Nervensystem eines Frosches, so verlieren zwar die Herzschläge an Kraft und werden bisweilen unregelmäßig und aussetzend. Dennoch zeigen die Schwimmhäute einen mehr oder minder vollständigen Kreislauf mehrere, bisweilen selbst bis 36 Stunden und länger nach dem Tode. Zermalmt man einerseits das Gehirn und anderseits das Rückenmark von dem zweiten Wirbel an, so daß nur der zwischen dem ersten und dem zweiten Wirbel befindliche Theil des centralen Nervensystems unversehrt bleibt, so kann die Circulation in dem auf diese Art verstümmelten Frosche 10 Wochen lang anhalten (Bidder)[1].

1558 Es versteht sich von selbst, daß sich die Verhältnisse der Absonderungen nach denen des Kreislaufes richten müssen. Ist er zu schwach, so werden wenigstens keine bedeutenderen Mengen von Secret geliefert. Ich zerstörte z. B. das gesammte centrale Nervensystem eines Frosches und öffnete den Unterleib, um den Zustand der Blase kennen zu lernen. Sie war zusammengefallen und klein. Nun wurde die Bauchhöhle zugenäht. Die schon sehr geschwächte Circulation erhielt sich noch 7 Stunden. Allein während dieser Zeit war wenigstens keine erhebliche Menge von Urin herabgekommen. Zermalmt man dagegen das centrale Nervensystem, mit Ausnahme der zwischen dem ersten und dem zweiten Wirbel gelegenen Parthie desselben, so findet man bisweilen die Urinblase, wenn der Kreislauf noch einige Wochen gedauert, strotzend mit Harn gefüllt und in hohem Grade von ihm ausgedehnt[2].

1559 Krankheitsbeobachtungen am Menschen führen zu demselben Resultate. Ist auch die untere Hälfte des Rückenmarks dergestalt zerstört, daß nicht nur die unteren Extremitäten und die Ausgänge der Blase und des Mastdarmes vollkommen gelähmt sind, sondern auch alle Reflexerscheinungen mangeln, so dauert doch die Harnsecretion fort. Der Darmkanal und die Gebärmutter liefern ihre Schleimsecrete, die Nieren ihren Harn, der Hoden seinen Samen. Wo Blut durch eine Drüse strömt, muß Absonderung Statt finden. Schneiden wir eine Niere z. B. aus und spritzen laues Wasser in die A. renalis hinein, so schwitzt es ebenfalls exosmotisch in die Harnkanälchen durch. Der gleiche Versuch gelingt auch sehr gut an der Ohrspeicheldrüse des Pferdes.

---

[1] Müller's Archiv, 1844. S. 361 fgg.

[2] Ebendaselbst S. 375.

Volkmann [1]) suchte auch die hierher gehörenden Erfahrungen von Bidder als Beweise der Selbstständigkeit des Sympathicus zu betrachten. Der letztere Forscher nämlich zerstörte bei Fröschen das gesammte centrale Nervensystem mit Ausnahme desjenigen Theiles, welcher zwischen dem ersten und zweiten Wirbel liegt, und fand dann, daß die so verstümmelten Thiere Wochen lang ihren Kreislauf behielten und sich ihre Harnblase mit Urin füllte. Also, schließt Volkmann, gehen diese Processe ohne das centrale Nervensystem vor sich und sind daher von dem Sympathicus abhängig, erhärten mithin die Selbstständigkeit des letzteren von physiologischem Standpunkte aus. Das Unlogische dieser Schlußweise ergiebt sich aber aus mehreren Momenten von selbst:

1) Könnten die angeführten Thatsachen, wenn man wollte, gerade das Umgekehrte von dem, was Volkmann aus ihnen ableitet, wahrscheinlich machen. Läßt man den im ersten bis zweiten Wirbel liegenden Theil des centralen Nervensystems unversehrt, so bleiben der Vagus und die Athemnerven (der erste Halsnerv des Frosches) mit dem verlängerten Marke verbunden. Die centralen Parthien bewirken die wochenlange Fortdauer des Herzschlages, so wie sie selbst umgekehrt durch das Blut belebt werden. Zerstört man auch das ganze centrale Nervensystem, so erhält man diese Resultate nicht. Gleichwie das ausgeschnittene Froschherz (oder das Zwerchfell der Säugethiere) 24 — 36 Stunden und länger nach dem Tode fortpulsiren kann, so habe ich auch eben so lange den Kreislauf, vorzüglich in den Schleimhautstücken der kleineren Zehen fortdauern sehen. Später stand er still. Diese Resultate blieben sich ganz gleich, ich mochte nur Gehirn und Rückenmark vollständig zermalmt oder noch die beiden Grenzstränge des Sympathicus mit Schonung der benachbarten Gefäßstämme erstirpirt haben [2]).

2) Ist die Fortdauer der Absonderung und Ernährung eine unmittelbare Folge des Kreislaufes und weiter nichts. Es läßt sich in dieser Beziehung ebenfalls sagen: gebet mir ein gehörig pulsirendes Herz, und das allgemeine Auftreten aller vegetativen Erscheinungen ist eine unabweisliche Nothwendigkeit. Das Nervensystem spielt hier, wenn man von der durch das centrale Nervensystem bedingten längeren Unterhaltung des Herzschlages abstrahirt, gar keine Rolle. Ist es aber logisch geschlossen, wenn man sagt, daß nur aus dem Grunde, weil das centrale Nervensystem die allgemeinen Erscheinungen des Kreislaufes, der Absonderung und Ernährung nicht bestimme, der Sympathicus diese Processe in der eben erwähnten Art beherrschen müsse? Ist etwa die Selbstständigkeit dieses Nerven die Ursache, daß in die Blutgefäße der Parotis eines getödteten Pferdes injicirtes Wasser in die Drüsencanäle durchschwitzt und endlich durch die Mündung des Ductus thoracicus ausläuft? Oder hängen vielleicht auch die hydraulischen Erscheinungen und andere physikalische und chemische Processe, welche in den Pflanzen in ähnlichen allgemeinen Grundzügen wiederkehren und sich an todten Theilen wiederholen lassen, von dem organischen Nervensysteme ab? Man sieht leicht, daß die nicht klar aufgefaßte Sympathicusidee, wo man sie auch angreift, zu ferneren widersprechenden Consequenzen führt.

Die Specialeinflüsse, welche die Zerstörung der Centraltheile des 1560
Nervensystems auf die Ernährungserscheinungen ausüben, stimmen, so viel man bis jetzt weiß, mit denen, welche die Verletzung der entsprechenden peripherischen Nerven veranlaßt, im Wesentlichen überein. Sie reduciren sich daher auf zwei Hauptpunkte: 1) verlieren die Theile die Kraft, äußern sie treffende Schädlichkeiten in so bedeutendem Maaße, wie gesunde zu widerstehen und 2) ruft der Mangel an Uebung, welcher eine Folge der motorischen Lähmung darstellt, mit der Zeit eine mehr oder minder örtliche Atrophie neben dem bisweiligen Schwinden der Reizbarkeit und den Macerationsentartungen der Muskelfasern (§. 663) hervor. Die Muskeln werden dünner und erblassen, und der gesammte Ernährungsproceß ver-

[1]) Müller's Archiv. 1844. S. 360. 61.

[2]) Vergl. auch J. R. Urech De vi et effectu, quem Nervorum cerebrospinalium et sympathicorum sectio in sanguinis circulationem et resorptionem habeat. Turici, 1837. 8. p. 26 fgg.

mindert sich, so wie der Kreislauf eines nicht gehörig gebrauchten Theiles schwächer wird. Beiderlei Momente sind aber natürlich den äußeren Verhältnissen gemäß variabel, und so kann es kommen, daß das eine Thier, dessen centrales Nervensystem zum Theil zerstört worden, stärkere Ernährungsfolgen als ein anderes darbietet. Eigenthümliche specifische Wirkungen sind in dieser Beziehung nicht beobachtet worden. Denn die später noch zu erwähnenden Einflüsse, welche die Zerstörung des Balkens und des Gewölbes auf die Absonderungen der Galle und des Darmes ausübt, bilden wahrscheinlich auch nur die Consequenzen der veränderten motorischen Verhältnisse der entsprechenden Absonderungswerkzeuge. Eben so soll die Durchschneidung des Rückenmarkes in der Gegend der obersten Halswirbel nach Magendie dieselbe Zerstörung des Auges wie die Verletzung des N. trigeminus zur Folge haben.

Halten wir uns zunächst wiederum an die Frösche, welche die Zermalmung größerer Parthien des centralen Nervensystems längere Zeit überleben, so werden wir die Bestätigung des oben Erwähnten in jeder Beziehung vorfinden. Pflegt man verstümmelte Thiere der Art sehr sorgfältig, hält sie auf feuchten Rasen und in keinen größeren Mengen von Flüssigkeiten, besprengt sie täglich mit frischem Wasser und sucht sie überhaupt wo möglich in solche Verhältnisse günstigster Art, wie im gesunden Zustande zu versetzen und die indirecten Folgen der Lähmung und der nachtheiligen äußeren Einflüsse, so sehr es angeht, zu entfernen, so fehlen natürlich auch die heftigeren Folgen des Mangels gestörter Widerstandskraft. Nur die Muskeln erscheinen schlaff und blaß und verlieren nach und nach ihre Reizbarkeit. Allein auch dieses ließe sich ohne Zweifel zum größten Theile verhüten, wenn man sie täglich durch Einleitung eines galvanischen Stromes üben wollte. Die sorgsame Pflege entfernt einen großen Theil der schädlichen Einwirkungen und giebt mithin der verminderten Widerstandskraft der Theile weniger Veranlassung, sich mit fremdartigen Flüssigkeiten zu durchtränken, den Kreislauf der gelähmten Organe durch hindernde Verhältnisse in Stockung zu bringen, ihnen auf diese Art ihre Erhaltungs- und Wiederherstellungsfähigkeit zu nehmen und eine tiefer greifende Maceration eintreten zu lassen. Dieses war z. B. bei den meisten von Bidder [1]) angestellten Versuchen der Fall.

Anders gestalten sich dagegen die Resultate, wenn man die Frösche in einem Glase, dessen Boden mit Wasser gefüllt ist, aufbewahrt hat. Schon gesunde Wetterfrösche, welche längere Zeit unter diesen Verhältnissen aufbewahrt werden, bieten oft die Erscheinung dar, daß sich größere isolirte Lappen von losgestoßenen Epithelialstücken in der Flüssigkeit vorfinden. An vielen frisch eingefangenen Fröschen sind einzelne Zehen verletzt oder zum Theil defect. Allein alle diese Ernährungsstörungen bieten keine so hohen Grade dar, wie sie bei Thieren vorkommen können, denen ein Theil des centralen Nervensystemes zermalmt wurde und die dann in Wasser, das man alle Tage oder wenigstens immer nach einigen Tagen wechselte, aufbewahrt worden sind.

1) Durchschnitt ich bei einem Frosche die vorderen Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines und ließ ihn dann in einem Glase mit Wasser, so daß die obere Hälfte seines Körpers aus der Flüssigkeit herausragte, so infiltirte sich schon die gelähmte Extremität am dritten Tage, während die gesunde keine Spur der Erscheinung zeigte. Die Haut vorzüglich des Unterschenkels und Fußes schwillt dann auf, indem sich das Fluidum zwischen ihr und der blaß aussehenden Muskulatur ansammelt. Diese Veränderung findet sich auch sehr häufig bei Fröschen, denen der N. ischiadicus zerschnitten wurde und die in ähnlichen Verhältnissen aufbewahrt worden sind. Hat die Infiltration tief eingegriffen, so löst sich häufig die Oberhaut in großen Strecken gleich einem Handschuhe los. Weitere Zerstörungen habe ich bis jetzt nicht beobachtet. Daß sich aber auch hier die von Stilling [2]) genauer verfolgte Confervenbildung wiederholen könne, versteht sich von selbst.

---

[1]) Müller's Arshiv. 1844. S. 361—80.
[2]) Müller's Archiv. 1841. S. 281 fgg.

2) Die bloße Durchschneidung der hinteren Wurzeln scheint weniger einzugreifen, weil die Bewegungen des Gliedes unter dem Einflusse des Willens bleiben und nur secundär durch den Mangel des Tastgefühls beeinträchtigt werden. Oft fehlen alle von dem gesunden Zustande abweichende Erscheinungen.

3) Die oben erwähnte Infiltration der hinteren Extremitäten erreichte bei Fröschen, denen drei Wochen vorher das Rückenmark in der Gegend des vierten Wirbels durchschnitten worden war, einen sehr hohen Grad. Die Epithelialabschuppung derselben war sehr bedeutend und die Muskeln erschienen auf auffallende Weise erblaßt. Diese Verhältnisse erklären sich daraus, daß solche Thiere wenige Reflexbewegungen ihrer Hinterbeine vorzunehmen Veranlassung finden.

4) Legte ich die untere Hälfte des Rückenmarkes bloß und theilte es der Länge nach in zwei seitliche Hälften, so hatten die Frösche weder die Empfindung noch die Bewegung der Hinterbeine selbst nach zwei bis drei Monaten verloren. Nur zeigten sie sich häufig bei dem Springen ungeschickt, so daß sie leicht fielen und, auf dem Rücken liegend, mehr Mühe hatten aufzustehen. Auffallend war mir dabei die sogleich in die Augen springende Abmagerung der Muskeln der Hinterbeine [1]), während jede Spur einer krankhaften Infiltration derselben mangelte.

5) Eine gänzliche Zerstörung des hinteren Theiles des Rückenmarkes hat bisweilen nur ähnliche Folgen, wie die Trennung der beiderlei Nervenwurzeln, nämlich Infiltration, stärkere Epidermidalabschuppung und selbst Zerstörung der Zehen [2]). Dagegen beobachtete ich in einem Falle durchgreifendere Wirkungen. Der Frosch war in einem großen, inwendig glatten und an seinem Boden mit etwas Wasser bedeckten Glasgefäße aufbewahrt worden. Die Hinterbeine wurden innerhalb acht Wochen dergestalt zur Maceration gebracht, daß sich die Muskeln, die Bänder und die Sehnen der Füße von selbst loslösten und die Knochen wie präparirt bloßlagen. Die Auflösung schritt dann an den Unterschenkeln so lange fort, bis die Tibia allein neben einzelnen Lappen der Weichgebilde übrig blieb. Elf Wochen nach der Operation war das Thier noch munter und bewegte die vordere Hälfte seines Körpers sehr lebhaft. Die Rückenwunde erschien vernarbt. Ein Wall hatte sich an der Grenze des entblößten Knochens gebildet. Exarticulirte ich nun die linke Tibia, so floß kein Blut aus, und der Amputationsstumpf schloß sich innerhalb einer Woche. Dagegen existirte keine Infiltration an den beiden verfaulenden Extremitäten, weil natürlich die Unterhauträume freie Ausgänge genug hatten. Nachdem das Thier 14 Tage nach der Entfernung der Tibia gestorben war, erschienen die Muskeln der Hinterbeine sehr blaß und zeigten Fasern, wie sie sich in Folge der Maceration ebenfalls darstellen, d. h. mit vorherrschenden Längsfäden und undeutlichen oder gänzlich unkenntlichen Querstreifen.

So viel wir also bis jetzt wissen, übt die Zerstörung der Centraltheile des Nervensystemes keinen eigenthümlichen, nur ihnen zukommenden Einfluß auf die Ernährungserscheinungen aus. Die Folgen, welche zu Stande kommen, gleichen auch mehr oder minder denen, welche nach der Verletzung der entsprechenden peripherischen Nerven auftreten und reduciren sich auf den Mangel an Uebung gelähmter Theile und wahrscheinlich auf die Veränderung der Porosität, so wie vielleicht auch der Reflexthätigkeiten der Blutgefäße, der Drüsengänge und der anderen contractilen Gebilde. Es läßt sich theoretisch annehmen, daß auch die letzteren Momente die Beschaffenheit der Absonderungen verändern können. Hierfür spricht z. B. schon der Krampfurin, die Modification des Speichels nach Gemüthsbewegungen, der Schweiß, welcher bei der Angst hervortritt, das Ausbleiben der Menstruation und die Verderbniß der Milch nach Aerger u. dgl. (§. 1470). Wenn aber Menschen mit Rückenmarksverletzungen und Lähmungen der unteren Extremitäten, der Harnblase und des Mastdarmes einen sehr ammoniakhaltigen Urin darbieten, so giebt dieses keinen Beweis für den directen Einfluß des centralen Nervensystems auf den chemischen Proceß der Urinabsonderung, weil sich auch das Ammoniak durch Selbstzersetzung des Harnstoffes in der Blase erzeugt haben kann (§. 126).

Endlich gehört wahrscheinlich hierher eine Gruppe von Erscheinungen, 1560
die man mit dem Namen der Ernährungsreflexe zu bezeichnen ver-

---

[1]) De functionibus nervorum p. 156. [2]) Vgl. auch Stilling a. a. O. S. 287.

mag. Es können sich nämlich die Kreislaufs- und Absonderungsverhältnisse gewisser Organe nach der Affection entfernter Theile verändern. Belege hierfür geben z. B. die blauen Ringe um die Augen, welche bei menstruirenden Frauen auftreten, das gleiche Phänomen, die Blässe des Gesichts, die vermehrte Absonderung des Nasen- und Stirnhöhlenschleimes, der Talgdrüsen an und neben den Nasenflügeln, welche viele Menschen nach vollzogenem Beischlafe oder Onanisten darbieten. Die genauere Erklärung dieser Erscheinungen muß vorläufig dahingestellt bleiben.

1561 Stimmungszustände des centralen Nervensystemes. — Wir haben früher gesehen, daß der durchschnittene Ischiadicus des Frosches eine Zeit lang sein Vermögen, die Muskeln des Fußes zusammenzuziehen, beibehält. Er verliert aber diese Kraft nach und nach und zwar in centrifugaler Richtung, sobald nicht die gelähmte Extremität durch die tägliche Einleitung galvanischer Ströme geübt wird. Jenes Sinken der Reizbarkeit ist mit materiellen Veränderungen des Nerveninhaltes, der endlich zuletzt gänzlich verschwindet, verbunden. Die Erscheinungen, welche das centrale Stück darbietet, sind mannichfacher. Die Nervenfasern verhalten sich oft, wie man auch sehr häufig an denen der Stämme von Amputationsstümpfen sehen kann, vollkommen normal. Bisweilen jedoch findet man auch einzelne, welche dieselbe Metamorphose wie die peripherischen erleiden. Es läßt sich mit Recht vermuthungsweise annehmen, daß sie den unthätigen peripherischen Fasern entsprechen.

1562 Sehen wir aber deutlich, daß materielle Desorganisationen und Abnahme der Reizempfänglichkeit oder Veränderungen der Stimmung in diesen Fällen Hand in Hand gehen, so läßt sich auch mit Recht hypothetisch annehmen, daß die gleiche Verbindung in dem centralen Nervensysteme Statt findet. Wir finden auch in der That häufig, daß sich z. B. die Atrophie des Sehnerven eines vor Jahren erblindeten Bulbus bis in den Sehhügel erstreckt. Allein wenn wir die Zartheit und höchst leichte Veränderlichkeit der centralen Nervenkörper und Primitivfasern im Auge behalten, so muß es uns klar werden, daß hier viele Gestalt- und Stoffveränderungen, deren Zartheit jedes mikroskopische oder chemische Studium verspottet und die sich eben nur durch die Abweichung des Stimmungszustandes im Leben zu erkennen geben, eintreten können. Es darf uns daher nicht wundern, wenn wir z. B. bisweilen keine materiellen Metamorphosen in dem Gehirn oder Rückenmark von Hysterischen, von vielen Bleivergifteten, ja selbst von Gelähmten mit Sicherheit nachweisen können.

Die gewöhnliche Untersuchung mit freiem Auge findet im Ganzen nur zweierlei Veränderungen, nämlich solche der Blutversorgung oder der Consistenz, d. h. Congestion oder Extravasat und Erweichung oder Erhärtung. Was die letztere und die sogenannte Vertrocknung der Gehirnmasse, z. B. nach Bleivergiftungen betrifft, so sind solche Angaben immer nur mit dem höchsten Mißtrauen aufzunehmen, wenn nicht gänzlich zurückzuweisen. Wo nicht Exsudate, Tuberkeln, Fasergebilde u. dgl. eine besondere Stelle des Gehirns oder Rückenmarks hart erscheinen lassen, hört jeder sichere Nachweis, so viel ich bis jetzt sah, vollkommen auf. Die gleiche strenge Kritik muß sich aber auch auf die Erweichungen und Congestionen erstrecken. Wir stehen rücksichtlich der ersteren nur dann auf festem Boden, wenn sich die Verminderung der Consistenz mit einer mehr oder minder röthlichen Färbung verbindet und die die letztere verursachenden zelligten Ausschwi-

tzungsproducte unter dem Mikroskope nachgewiesen werden können oder eine isolirte Stelle vollkommen rahmartig zerflossen ist, während die benachbarten, denselben äußeren Verhältnissen ausgesetzten Massen die gewöhnliche Consistenz darbieten. Sind aber in dieser letzteren Beziehung Zweifel vorhanden, so ist in der Regel das Mikroskop, wie bei den Congestionen, außer Stande, dieselben zu beseitigen.

Die Stimmungszustände des centralen Nervensystems können auf 1563
doppelte Art einwirken. Da erst die Nervenkörper die Größe und Art der Empfindung und Bewegung feststellen, so muß die Qualität ihrer Wirkung und der der entsprechenden Nerven von ihrem bleibenden Reizbarkeitsverhältnisse abhängen. Indem sie aber zugleich die gegenseitige Verbindung und Gruppirung der ihnen untergeordneten Thätigkeiten leiten, reguliren sie noch die Stärke und Ausdehnung der nach bestimmten Einflüssen auftretenden Reaction. Beiderlei Momente greifen häufig gleichzeitig im gesunden wie im kranken Zustande ein. Sie bedingen die in der Medicin sogenannten Zustände der Spinal- und der Gehirnirritation.

Das centrale Nervensystem wird wahrscheinlich die Bedingung in 1564
sich enthalten, weshalb der Sehnerv nur das Sehen, der Hörnerv einzig und allein das Hören, die motorischen Primitivfasern die Bewegung und keinen Schmerz veranlassen. Denn die Structur des peripherischen Nerven oder die Existenz oder Abwesenheit der Ganglien giebt hiervon, wenigstens nach den bisherigen Studien, keine genügende Rechenschaft. Die verschiedenen Gefühle des Kitzels, der Wollust, des Schmerzes u. dgl. müssen ebenfalls durch die Elemente des centralen Nervensystems zu Stande kommen. Man ist zwar häufig noch gewohnt, die Wollustempfindungen mit den Ganglien und dem Sympathicus in Beziehung zu bringen. Allein die Majorität der Nerven des männlichen Gliedes und der Scheide rührt von einfachen Cerebrospinalstämmen her. Eben so kann ein Wollustgefühl bei dem Kitzeln anderer Hautstellen, z. B. der Achselhöhle, der Fußsohle, eines juckenden Ausschlages am Knie hervortreten. Es bildet vielmehr wahrscheinlich nur eine unter gewissen Bedingungen der Reibung hervorgerufene Modalität der Thätigkeit der Centraltheile, für welche die den Geschlechtsnerven entsprechenden Nervenkörper eine besondere Empfänglichkeit besitzen oder dieselbe durch unbekannte Nebeneinrichtungen erhalten.

Ob etwas Aehnliches von den Nerven derjenigen Theile, deren sensible Eindrücke nicht zum Bewußtsein gelangen, gelte, bleibt dahingestellt. Denn die Primitivfasern des Herzens, der Lungen, des Darmcanales, der Nieren u. dgl. gehen durch zahlreiche peripherische Ganglien hindurch, so daß man diese mit vieler Wahrscheinlichkeit als Hemmungsapparate der selbstbewußten Regungen ansieht. Die Art aber, durch welche diese Effecte zu Stande kommen, ist noch gänzlich unbekannt.

Beschränkte sich diese Hemmung nur auf die sensiblen Eindrücke, so ließe sich annehmen, daß das Aequivalent des sensiblen Reizes, indem es durch die Ganglien hindurchginge, leichter bestimmt würde, in dem centralen Nervensysteme auf die Ganglienkugeln der motorischen Nerven überzuspringen. Ein mäßiger sensibler Reiz, der z. B. den Darm trifft, käme nicht zum Bewußtsein, weil er nicht bis zum Gehirn gelangt, sondern schon früher auf die motorischen Erreger gänzlich übergeht und Reflexbewegungen erzeugt. Das unbewußte Fortschieben der Nahrungssubstanzen in dem dünnen Gedärme fände auf diese Art seine Erläuterung. Wirkt aber ein stärkerer Reiz ein, so tritt nur

ein Theil auf die motorischen Nervenkörper über, während ein anderer zum Gehirn gelangt. Daher die Bauchzweige des Sympathicus geringe Reize unbeantwortet lassen, starke dagegen mit Schmerz gleich einem freien Cerebrospinalnerven erwiedern.

Diese Hypothese stößt jedoch auf wesentliche Schwierigkeiten, weil zugleich die Bewegungen der Eingeweide von dem directen Einflusse des Willens emancipirt sind und hier eine ähnliche Erklärung natürlicher Weise nicht angeht.

1565 Die zweckmäßige Gruppirung der Bewegungen muß ebenfalls in dem centralen Nervensysteme ihr potentielles Vorbild besitzen. Wenn einzelne Rückenmarksleiden mit anhaltender Beugung, andere mit fortdauernder Streckung der Extremitäten verknüpft sind, wenn die Extension derselben den Starrkrampf, wie er z. B. nach Verwundungen auftritt, charakterisirt, wenn eine bestimmte Reihe von Muskeln nach einer gewissen Zweckmäßigkeitsberechnung bei jeder Stuhl- oder Urinentleerung in Thätigkeit gesetzt werden und diese Erscheinungen auch nach der Zerstörung der Sitze der Willenseinwirkung, des großen und des kleinen Gehirns fortdauern können, nach der des verlängerten Markes und des Rückenmarkes dagegen aufhören, so muß der Prototyp der zweckmäßigen Verbindung in einer gewissen Anordnung der Elemente des centralen Nervensystems oder einer functionellen Verkettung derselben oder beiderlei Momenten zugleich liegen. Dasselbe gilt von den motorischen Synergien, welche die passenden Stellungen der Augen, das Sprechen, das Schlucken u. dgl. bedingen. Die meisten Thätigkeiten, welche wir, wie man sagt, instinctmäßig ausüben, beruhen unzweifelhaft auf bestimmten Vorbildern, welche durch die Einrichtungen und Kräfte des centralen Nervensystems gegeben sind. Die Natur konnte sie nicht unserem Willen anvertrauen, weil uns die nöthige Einsicht zu den unerläßlichen zweckmäßigen Combinationen mangelt. Wie z. B. eine Drehorgel, je nachdem sie in dieser oder jener Weise eingestellt worden, ihr bestimmtes Lied von selbst spielt, so bedarf es nur des geringsten Impulses des Willens oder anderer Eindrücke, damit eine potentiell im centralen Nervensystem vorgebildete Bewegungsgruppe functionire.

Sind einzelne Punkte des centralen Nervensystems erkrankt, so hört auch das entsprechende zweckmäßige Muskelspiel auf. Belege hierfür geben uns z. B. Halbgelähmte, welche ihre unteren Extremitäten bei dem Gehen nicht regelrecht beugen und strecken, sondern in einem Halbbogen herumschwenken, und viele Kranke mit Alpdrücken, Asthma, Dysphagie, Ischurie u. dgl. Gemüthsbewegungen können ebenfalls jene regelrechten Combinationen stören. Daher das Stottern verlegener, das leichte Umfallen in Angst gerathener Personen u. s. w.

1566 Ein zu geringer Grad von Empfänglichkeit oder die theilweise Lähmung eines Organes vermindert nach und nach die sensiblen Eindrücke. Individuen mit Halblähmung z. B. können nicht mehr nähen, weil sie die kleine Nadel nicht deutlich fühlen, sind aber noch im Sande zu stricken oder gröbere Handarbeit zu verrichten. Hier oder bei direct erhöhter Receptivität können noch unangenehme Empfindungen durch psychische oder materielle Veranlassungen, welche bei dem Gesunden erfolglos bleiben oder wenigstens nicht in dem Grade aufregen, entstehen. Die besten Beweise hierfür liefern Hypochondristen und vorzüglich Hysterische,

welche auf solche Art ihre Beschwerden dem Gesetze der peripherischen Wirkung entsprechend im Magen, dem Unterleibe, dem Halse, den Extremitäten, mit einem Worte an den verschiedensten Punkten des Körpers wahrnehmen. Nervenverstimmte Frauen leiden bisweilen Jahre lang an anhaltenden Schmerzen in einem Gelenke oder an scheinbarer Lähmung. Kein Mittel hilft, bis sie endlich plötzlich ein entschiedener Willensentschluß, eine heftige Gemüthsbewegung, ein Schreck, der fest eingewurzelte Aberglaube an irgend ein indifferentes Mittel für immer oder für einige Zeit heilt. Nicht selten erregt ein Stich in eine neuralgische Extremität Schmerzen in dem ganzen Gliede. Das Gefühl der Abgeschlagenheit bei Fiebern gehört gewissermaßen ebenfalls zu diesen Excitabilitätserhöhungen, welche mit einer absoluten Erniedrigung der Kraftgröße des Nervensystems verbunden sind.

Das Gleiche wiederholt sich in Betreff der Bewegungserscheinungen. 1567
Hysterische leiden an Zuckungen der Gesichtsmuskeln, krampfhaften Zusammenschnürungen im Schlunde (Globus hystericus), Aufblähungen und spastischen Bewegungen im Magen und den Gedärmen und allgemeinen Krampfanfällen. Personen mit Erschöpfung des Nervensystems haben nicht Kraft genug, ihre Glieder eine Zeit lang frei und unbeweglich zu halten. Ihre Muskeln erzeugen statt der beabsichtigten tetanischen Wirkung einen klonischen Zustand. Das Zittern des Kopfes, der Hände und der Füße sehr alter Leute, Halbgelähmter, von Personen mit beginnender Hirnerweichung oder solcher, die durch Quecksilber, Silber, Gold, Jod und andere Metalle vergiftet worden, entsteht dann auf diese Weise. Ist die Muskulatur längere Zeit in einem bestimmten Zustande verblieben, so werden die Bewegungen erschwert. Daher z. B. die Unannehmlichkeiten bei dem Gehen nach langem Sitzen.

Eine andere Folge der Reizbarkeitserhöhung der centralen Nerven- 1568
körper charakterisirt sich dadurch, daß die durch den Willen angeregten Muskelzuckungen über den Befehl des Geistes hinausgehen. Der Mensch kann z. B. seine Hand ruhig halten. Sie zittert aber, so wie er irgend eine Arbeit mit derselben beabsichtigt, und z. B. das Schreiben, Zeichnen, Stricken wird nur unter fortwährenden Oscillationen der oberen Extremität möglich. Hierher gehört auch der sogenannte Schreibekrampf, wo die Finger bei dem Schreiben, dem Clavier- oder Violinspielen u. dgl. durch ihre unpassenden unwillkürlichen Stoßbewegungen oder ihre wiederholten klonischen Krämpfe jede Fortsetzung der Arbeit für den Augenblick unmöglich machen. Es zeigt sich nicht selten, daß Kranke, welche an centraler Erweichung des Rückenmarkes leiden, mit Händen und Füßen um sich schlagen, so wie sie nur nach etwas greifen oder ausschreiten wollen. Diese unwillkürlichen tumultuarischen Auftritte dauern bisweilen halbe Stunden lang, so daß sich solche Patienten vor der Ausführung des geringsten Befehles ihres Willens hüten, weil sie nicht deren Folgen in ihrer Gewalt haben.

Eine größere Geneigtheit zu Reflexbewegungen kann zu ähnlichen 1569
Verhältnissen Veranlassung geben. Hat man einen Frosch mit Opium,

Belladonna oder Strychnin vergiftet, so bedarf es nur zur Zeit der größten Empfänglichkeit einer leisen Berührung oder des bloßen Anschlagens an den Tisch, um einen heftigen Anfall von extensorischen Starrkrämpfen zu erzeugen. Etwas Aehnliches zeigt sich bei Menschen, die an Tetanus leiden. Die geringste kitzelnde Berührung des Fußes reicht hin, um die spastische Streckung der hinteren Extremitäten hervorzurufen. Es giebt Gelähmte, welche z. B. ihr Bein nicht eine Linie in die Höhe heben können, es aber unwillkürlich 10 Minuten lang emporschleudern und wieder fallen lassen, sobald man nur die Haut des paralytischen Gliedes gekneipt hat. Es wäre wohl möglich, daß die Anfälle von Veitstanz und ähnlichen Convulsionserscheinungen, welche scheinbar plötzlich eintreten, auch nur Reflexphänomene, denen innere sensible Reizungen z. B. des Darmes zum Grunde liegen, darstellen [1]).

1570 Endlich gehen noch wahrscheinlich sehr viele bleibende Contracturen, die meistentheils Flexionsstellungen sind, aus Störungen des centralen Nervensystemes hervor. Sie müßten natürlich fehlen, sobald alle peripherischen Nerven eines Gliedes verletzt sind, und können z. B. nur auftreten, wenn die der Flexoren gesund, die der Extensoren dagegen paralytisch sind. Da aber diese Gruppirung, wie wir gesehen haben, wenigstens an vielen Stellen des Körpers erst in dem centralen Nervensysteme vorgebildet und nicht in den peripherischen Stämmen wiederholt ist, so ergiebt sich von selbst, daß dann die Ursache im Gehirn oder Rückenmark liegen müsse. Während daher auch leicht solche Contracturen trotz mehrfacher Wiederholung der Myo- oder Tenotomie wiederkehren, scheint anderseits eben die Vermittlung des centralen Nervensystems manche andere hier beobachtete, jedoch noch eine fernere Prüfung erheischende Verhältnisse zu bedingen. Stromeyer hob den Schreibekrampf mittelst der Durchschneidung der Sehne des Flexor longus pollicis, was jedoch Anderen, wie Dieffenbach, B. Langenbeck, nicht gelang. Ruete giebt an, daß sich das Gesicht nach der Durchschneidung des abnorm verkürzten Rectus externus nicht bloß optisch, sondern auch qualitativ verbessere. Endlich berichtet Breuning, daß er vollkommen gelähmte Glieder, welche in zarter Kindheit durch Krampfanfälle paralytisch geworden (§. 1476), dadurch kräftig und brauchbar gemacht, daß er die schwach angespannten Unterschenkelbeuger, wie den Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus u. dgl. durchschnitten habe. Sollten sich diese Erfahrungen mit völliger Evidenz bestätigen, so ließe sich auf sie die gleiche allgemeine Erklärung, wie sie §. 1535 in Betreff der Reflexempfindungen gegeben worden, anwenden.

Es ist uns noch völlig unbekannt, welche Einzelverhältnisse die verschiedenartigen Veränderungen der Stimmung des Nervensystemes bedingen. Die hinreichende Zufuhr arterialisirten Blutes bildet zuvörderst bei dem Menschen und den Säugethieren eine

[1]) Eine äußerst gelehrte Zusammenstellung der Verhältnisse solcher aus krankhaften Stimmungen der Centraltheile hervorgehenden unwillkürlichen Muskelbewegungen siehe in E. C. Wicke Versuch einer Monographie des grossen Veitstanzes und der unwillkürlichen Muskelbewegungen nebst Bemerkungen über den Tarantelianz und die Beriberi. Leipzig, 1844. 8.

Grundbedingung der regelrechten Thätigkeit desselben. Die Unterbindung der Bauchaorta z. B. schwächt bei Hunden die willkürliche Bewegung der Hinterbeine. Die Thiere können nicht ordentlich stehen oder sinken selbst mit dem Hintertheile ihres Körpers ein, schleppen die Füße bei dem Gehen nach und zeigen bisweilen ein automatisches krampfhaftes Zittern der Muskeln (vergl. §§. 666 und 1338). Starker Blutverlust, wie er z. B. nach Verwundungen, bei Operationen, bei Metrorhagien eintritt, ruft leicht Beängstigungen des Athems, Uebelkeiten, Krämpfe und einseitige Verziehungen der Gesichtsmuskeln, allgemeine Convulsionen, stille Delirien, Ohnmachten hervor. Ist auch in der Regel die Unterbindung der einen Carotis communis mit keiner Lebensgefahr verknüpft, so kann sie doch schon in unglücklichen Fällen Umnebelungen der Sinne, Hemiplegie, Schwäche der Geistesthätigkeiten, Sopor und binnen wenigen Tagen den Tod zur Folge haben. Jedoch hat Mussey sogar beide Carotiden des Menschen ohne Nachtheil unwegsam gemacht.

Kaninchen sterben meist sogleich, so wie man ihre Carotiden und ihre Vertebralarterien mit Ligaturen umschlungen hat. Hunde können auch noch zu Grunde gehen, wenn man selbst ihre beiden Vertebralen einige Tage später als ihre Carotiden unterbindet. Dagegen gelang es A. Cooper, einen Hund am Leben zu erhalten, bei dem alle vier genannten Arterien unmittelbar nach einander zugeschnürt worden waren. Es stellten sich bald nach der Operation Convulsionen, Hemiplegie und Coma ein. Das Thier erholte sich aber später dergestalt, daß es sich nach drei Tagen auf dem Wege der Heilung befand.

Empfängt das Gehirn ein zu kohlensäurehaltiges oder überhaupt ein zu dunkeles und kein hellrothes Blut, so wird das Bewußtsein getrübt. Es finden sich Sinnestäuschungen, Schwarzwerden vor den Augen, Ohrenklingen ein. Es erscheinen Uebelkeiten, Schwindel, Neigung zum Schlaf und Betäubung. Die Athembewegungen verstärken sich und nehmen einen immer größeren Bereich von Muskeln in Anspruch. Es entstehen daher Verzerrungen der Gesichtsmuskeln, heftigere Bewegungen der Nasenflügel, Klappen der Kiefer, energischere Schläge der Bauchmuskeln, selbst ein ungestümes Arbeiten mit den Extremitäten und nicht selten ein hoher Grad von Unruhe. Leitet die Erstickung den Todeskrampf ein, so werden die Athemzüge seltener, aber tiefer, und wiederholen sich bisweilen noch in verhältnißmäßig sehr großen Zwischenräumen, wenn schon alle anderen äußeren Lebenszeichen verschwunden sind. Mittlerer Weile sind auch in den letzten Lebensmomenten heftige Convulsionen der Extremitäten und des Rumpfes, Verzerrungen des Gesichtes, krampfhaftes Rollen der Augäpfel und unwillkürlicher Abgang von Urin und Stuhl eingetreten.

Die Frösche dagegen zeigen keine so bedeutenden Folgen, wenn ihrem Nervensysteme die gehörige Blutzufuhr abgeschnitten wird (vergl. oben S. 192). Hat man bei ihnen Herz und Eingeweide entfernt, so verhalten sie sich im Anfange nach Stilling[1]) ganz wie gesunde Thiere, hüpfen herum, springen fort, schwimmen u. dgl. mehr. Sie werden aber nach und nach ruhiger, bleiben später auf derselben Stelle sitzen, reagiren immer weniger auf äußere Reize und verfallen endlich in eine Art von Schlummersucht, welche ½ bis 2 Stunden nach der Operation in den Tod übergeht.

Eine wesentliche Veränderung der Stimmungszustände des centralen Nervensystemes wird durch die Verabreichung einzelner narcotischer Gifte hervorgerufen. Hierbei ist es, wie es scheint, gleichgültig, ob diese Substanzen durch Vermittelung des Blutes oder unmittelbar durch Capillaranziehung der Gewebe in das Innere der nervösen Elemente gelangen. Das bewegte Blut bildet hiernach das geeignetste Vehikel, um das Gift dem centralen Nervensysteme mitzutheilen. Stilling z. B. entfernte bei Fröschen die sämmtlichen Eingeweide, öffnete dann von oben her den Schädel und die Wirbelsäule und tropfte auf eine beliebige Stelle des so nicht mehr vom Blute durchströmten Rückenmarks eine geringe Menge einer Lösung von essigsaurem Strychnin. Es entstanden ungefähr nach fünf Minuten eben so heftige Anfälle von Tetanus, wie bei unverletzten Fröschen. Das Rückenmark konnte selbst bis auf eine kleine Brücke durchschnitten sein, ohne daß sich die Allgemeinheit des Resultates veränderte.

Das Strychnin sowohl als das Opium erregen einen solchen Stimmungszustand in

---

[1]) Stilling a. a. O. S. 40.

dem Nervensysteme des Frosches, daß die heftigsten Anfälle von Tetanus der Extremitäten in Folge der geringsten sensiblen Reize oder auch wohl von selbst entstehen. Sobald eine hinreichende Menge des Giftes seine Wirkungen ausgeübt, tritt eine Periode ein, in welcher die Starrkrämpfe sehr rasch hinter einander und mit der größten Energie erscheinen. Die Zeitintervalle werden aber größer und die tetanischen Phänomene schwächer, so wie die Dosis des Giftes oder überhaupt die Reizempfänglichkeit geringer ist. Nach den Beobachtungen von Pikford [1]) erregen nur dann die sensiblen Reize, welche auf den Dünndarm ausgeübt werden, Reflexbewegungen der Extremitäten, sobald man nicht auch das verlängerte Mark bei der Enthauptung entfernt hat. Durchschneidung des Rückenmarks hebt die Krämpfe der Hinterbeine nicht auf, so lange noch die untere Parthie des centralen Nervensystems dem Kreislaufe zugänglich ist. Dasselbe gilt von der Trennung der hinteren Nervenwurzeln, welche natürlich nur die Gelegenheit der Erzeugung der Reflexkrämpfe durch Hautreize unmöglich macht. Selbst durch heftigen Druck der Hinterbeine können dann noch tetanische Krämpfe zum Vorschein gebracht werden. Eben so sind sie sogar im Stande, in einer Extremität aufzutreten, deren Hüftnerv durchschnitten worden, sobald nur der Kreislauf eine hinreichende Menge des Giftes zuführt. Eine Reihe von Specialversuchen, welche sich auf diese Verhältnisse beziehen, finden sich in: Stannius in Müller's Archiv. 1844. S. 223—233. De functionibus nervorum p. 128—130. J. van Deen Traités et Découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Leide, 1841. 8. p. 54 fgg. B. Stilling a. a. O. S. 34 fgg. Pikford a. a. O. S. 418—31.

Eine eigenthümliche und zum Theil ähnliche Reihe von Erscheinungen kann die Vergiftung mit Tollkirsche hervorrufen. Ich hatte z. B. um 11½ Uhr eine kleine Menge Belladonnaextract einem kräftigen Frosche durch eine Rückenwunde und eine zweite Quantität durch einen in die Zunge gemachten Einschnitt eingeimpft. Das Thier verfiel schon im Laufe des Nachmittags in tetanische Krämpfe der Hinterbeine, die z. B. immer eintraten, so wie es aus seinem Behälter herausspringen wollte. Abends um 5 Uhr erregte der geringste Hautreiz die kräftigsten tetanischen Extensionen der Hinterfüße. Goß ich dann etwas Wasser auf den Boden des Glases, in welchem es sich befand, so erfolgten sogleich die stärksten durch Streckungen der Hinterbeine bedingten Stöße, welche sich oft hinter einander in einer Minute wiederholten, bis endlich das Thier todt zu sein schien. Die Vorderfüße waren fest gegen einander geführt; die Hinterbeine im höchsten Grade steif, und alle Muskeln beider Extremitäten fühlten sich sehr hart an. Weder leise noch starke Hautreize änderten diesen Zustand. Nichts desto weniger hatte sich der Frosch am anderen Morgen dergestalt wieder erholt, daß er lebhaft herumsprang, kein krampfhaftes Symptom darbot und einige Tage darauf zu anderen Versuchen verwendet werden konnte.

Ein Frosch, der durch Kirschlorbeerwasser betäubt worden war, zeigte nicht das geringste Merkmal einer erhöhten Stimmung seiner Muskelreizbarkeit. Er konnte im Zustande der Narcotisation, die übrigens auch nur vorübergehend war, umgelegt, fortgeschoben werden, ohne lebhaft oder selbst bisweilen überhaupt zu reagiren. In keinem Falle aber stellten sich klonische oder tonische Krämpfe ein.

Es läßt sich mit Recht annehmen, daß die zuerst genannten Narcotica ihre Wirkungen gewissen physikalisch-chemischen Veränderungen, welche sie auf das Nervensystem ausüben, verdanken. Manche von ihnen, wie Blausäure, lähmen die Herzthätigkeit [2]). Sie sowohl als andere, wie z. B. das ächte Wourali, zerstören alle Reizbarkeit fast unmittelbar nach dem Tode. Es ist mithin klar, daß diese Substanzen die Kräfte des Nervensystemes sogleich herabsetzen. Wenn aber Opium, Strychnin und Belladonna die Empfänglichkeit für Reflexkrämpfe in so hohem Grade vergrößern, so folgt hieraus noch nicht, daß sie die Energien desselben direct stärken. Selbst die Heilung von Lähmungen durch Strychnin spricht noch nicht absolut für eine solche Deutung. Die Thatsache, daß ein Hemiplegischer z. B., der Strychnin mit Erfolg braucht, anfangs von Zuckungen in seinen gelähmten Gliedern ergriffen wird, beweist nur so viel, daß die dem Willen entzogenen Nervenmassen den automatischen entsprechenden Anregungen zu directen oder Re-

[1]) Roser und Wunderlich medicinische Vierteljahresschrift. Bd. II. Stuttgart, 1843. 8. S. 430.

[2]) Siehe H. Meyer in Roser und Wunderlich's medicinischer Vierteljahrsschrift. Bd. II. 1843. 8. S. 262.

flerbewegungen nicht vollkommen verschlossen sind, durch allmälige Uebung unter dem Einflusse der Ernährung erstarken und wiederum dem Willenseinflusse zugänglich gemacht werden können.

Specialthätigkeiten des centralen Nervensystemes. — Dieser Abschnitt der Nervenlehre bildet aus mehrfachen Ursachen den schwierigsten und unvollkommensten Theil der Physiologie. Ist es schon beinahe unmöglich, die mannichfachen Regungen der Psyche genau systematisch darzustellen und zu zerlegen, so übersteigt es fast unsere Kräfte, zu erforschen, auf welchem Wege die einzelnen Parthien des großen und kleinen Gehirns die Vermittlung derselben mit dem Körper bewerkstelligen. Die uns noch unbekannten Stimmungsverhältnisse, die vielfachen und verschiedenartigen Mittheilungen, welche in dem centralen Nervensysteme Statt finden, verbieten es, gerade die interessantesten Punkte durch scharfe und definitiv beweisende Versuche aufzuhellen. Wir dürfen überdies nicht vergessen, daß die sogenannten Organe des Gehirns, wie z. B. der Balken, das Gewölbe, die Streifen-, Seh- und Vierhügel bloß äußerlich verschieden geformte Gebilde und keine gesonderten in sich abgeschlossenen Werkzeuge sind, daß wir es vielmehr überall nur mit Primitivfasern und daneben gelagerten Elementen der grauen oder anders gefärbten Substanzen zu thun haben. 1571

Gleich dem Kinde hat der Erwachsene die Neigung, sich für dasjenige, was ihm scheinbar am nächsten liegt, nicht nur zu interessiren, sondern auch ohne Berücksichtigung der Schwierigkeit und ohne hinreichend kritische Basis Erklärungsgründe zu schaffen. Die Begierde des Wissens überwältigt die Erkenntniß der reellen Unwissenheit und reißt um so eher, je weniger Tiefe die Vorstudien verschafft haben, zu Täuschungen und Trugbildern hin. Die Physiologie des centralen Nervensystems hat nicht wenig durch diese Verhältnisse gelitten. Phantastisches Streben und unkritisches Verfahren, unbegründetes Philosophiren und selbstsüchtige Charlatanerie haben auf diesem Gebiete viel Flüchtiges geschaffen und noch mehr durch Bethörung der durch Mangel an Realkenntnissen urtheilslosen Masse geschadet. Der wahre Naturforscher muß hier, wie überall, das Sichere und Unsichere möglichst genau trennen und mit dem äußerst Wenigen, was er bestimmt weiß, sich begnügend, jedes noch so lockende grundlose subjective Gebäude entschieden zurückweisen.

Die unmittelbare anatomische Untersuchung lehrt, daß die hinteren 1572
Nervenwurzeln in das Innere der Hintertheile, die vorderen in das der Vordertheile des Rückenmarkes eintreten und von da nach dem Gehirn emporsteigen. Schon hieraus läßt sich folgern, daß die Hinterstränge des Rückenmarkes sensibel, die Vorderstränge dagegen motorisch sein werden. Die Richtigkeit dieses Schlusses läßt sich leicht an jedem Säugethiere erhärten. Legt man das Rückenmark desselben bloß, so ruft der geringste Einstich in die obere oder hintere Fläche heftigen Schmerz hervor, während der gleiche Eingriff, sobald er die Vorderfläche trifft, Bewegungen veranlaßt.

Eine andere Frage ist jedoch die, ob die beiden genannten Theile, 1573
gleich den Wurzeln, welche sie aufnehmen, bloß empfindlich oder bewegend

bleiben, oder ob schon in ihnen eine Mischung von beiderlei Fasern Statt findet. Die Erfahrungen aller neueren Forscher stimmen darin überein, daß die hinteren Stränge jedenfalls vorherrschend sensibel, die vorderen dagegen bei Weitem größtentheils motorisch sind. Allein während Ch. Bell, Magendie, Fodera, Rolando, Baker, Calmeil, Kürschner, van Deen, Stilling, Dupré, Longet nur empfindende Fasern in den hinteren und bloß bewegende in den vorderen Strängen des Rückenmarkes annehmen, glaubten Bellingeri, Schoeps, Seubert, Magendie (nach späteren Versuchen), ich und Budge zu dem Resultate gelangt zu sein, daß auch schon hier ein gewisser Grad der Mischung Statt finde und sensible Fasern zu den vorderen und motorische zu den hinteren Strängen hinübertreten, ohne jedoch den durch die einstreichenden Wurzeln bedingten Grundcharakter durchgreifend zu verdrängen. Nach den letzteren Erfahrungen concentrirt sich die Vermengung vorzugsweise in den Seitensträngen, während die freiliegenden Mittelparthien der vorderen Fläche rein motorisch, die der hinteren bloß sensibel bleiben.

Die graue Substanz des Rückenmarks spielt hierbei eine sehr wesentliche Rolle. Sie nimmt, wie die anatomische Untersuchung lehrt, die Primitivfasern der Nervenwurzeln in sich auf, um sie wieder später den Markmassen zu übergeben und nach dem Gehirn streichen zu lassen. Die Zerstörung der grauen Substanzen vernichtet die selbstbewußte Empfindung, die willkürliche und auch unter den früher erwähnten Bedingungen die Reflexbewegung. Ihre Quertheilung oder Vernichtung wirkt mithin eben so als wenn an den gleichen Stellen das gesammte Rückenmark denselben Einwirkungen ausgesetzt worden wäre. Die Durchschneidung der bloßen Markmassen dagegen hemmt weder die Leitung der Hautreize nach dem Gehirn noch die der Willensbefehle nach den Muskeln.

Wie wir schon früher gesehen haben, wirkt die rechte Hälfte des Rückenmarkes nur auf die rechte, die linke bloß auf die linke Körperhälfte; jede von ihnen aber auf alle Theile, deren Nerven unter oder hinter dem Angriffspunkte hervortreten.

Schon hier zeigt sich die Schwierigkeit, daß die Sonderung in hintere, seitliche und vordere Stränge eine mehr künstliche ist, und man höchstens mit diesen Namen gewisse Gegenden bezeichnet, deren genaue und sichere Abgrenzung in der Leiche, geschweige denn am Lebenden unmöglich ist. Dazu kommen noch die Synergien sensibler und motorischer Fasern, welche störend eingreifen können. Aus diesen Gründen hielten manche Forscher, wie z. B. Joh. Müller [1]), jeden sicheren Entscheid auf diesem Gebiete für unmöglich.

Betrachten wir zunächst die an Säugethieren angestellten Experimente, so beschränkte man sich in früherer Zeit darauf, entweder nur oberflächlich die Vorder- oder Hinterstränge zu reizen oder jene oder diese eine Strecke weit auszuschneiden und nun die Folgen, welche dann die Empfindungs- und Bewegungserscheinungen darbieten, zu untersuchen. Als das Problem in neuerer Zeit einer allgemeinen Discussion unterworfen wurde, modificirte man die Beobachtungen specieller und verbesserte sie zum Theil. Jedoch muß man auch hier im Auge behalten, daß negative Erfahrungen, welche rücksichtlich der noch vorhandenen Sensibilität gemacht werden, der größten Kritik bedürfen. Es ereignet sich nicht selten, daß z. B. Hunde und einzelne Katzen, Kaninchen schon nach der

---

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 815.

einfachen Bloßlegung der harten Hirnhaut des Lenden- oder Brusttheiles der Wirbelsäule und in noch höherem Grade nach der des Rückenmarkes und dem Ausflusse der Cerebrospinalflüssigkeit zusammensinken, sich nicht auf ihren Hinterfüßen halten können und gegen sensible Eingriffe unempfindlich werden. Reizt man eine oberflächliche Stelle zum ersten Male mechanisch, so reagirt das Thier durch Schmerzensäußerungen. Sie fehlen aber, so wie man den Versuch bald darauf wiederholt, und kehren erst, wenn die Verletzung tiefer eingreift, wieder.

Experimentirt man zunächst an todten Säugethieren, so läßt sich natürlich nur das Verhältniß der motorischen Fasern selbst im günstigsten Falle beurtheilen. Auf diese Weise fand z. B. Kürschner [1]), daß die Reizung der hinteren Stränge bei Kaninchen, welche nicht mehr Reflexbewegungen darbieten, keine motorischen Effecte zur Folge hat, während diese nach dem Anspruche der Vorderstränge sogleich hervortreten. Ich [2]) fand, daß diese Angabe richtig ist, wenn man sich nur an den untersten und obersten Theil des Rückenmarkes hält, daß man aber noch Bewegungen der Muskeln der Hinterbeine frisch getödteter Kaninchen beobachtet, wenn man die Seitentheile des Brust-Lendenstückes des Rückenmarks selbst noch über dem Niveau des Centralcanales angreift. Hiermit stimmen auch die Versuche, welche Longet [3]) später an lebenden Hunden anstellte, überein.

Dieser letztere Forscher bediente sich in neuerer Zeit folgender Methode. Er legte den Brust-Lendentheil des Rückenmarkes erwachsener Hunde bloß und trennte dieses der Quere nach in der Gegend des ersten Rückenwirbels. Reizte er nun einige Minuten darauf die Hinterstränge des hinteren Rückenmarkabschnittes mechanisch oder mittelst einer aus 6 bis 10 Plattenpaaren bestehenden galvanischen Säule, so traten keine Bewegungen der Hinterfüße hervor. Nur ausnahmsweise fanden sich einzelne Zuckungen, welche aber Longet auf die bald verschwindenden Reflexbewegungen bezieht. Der Anspruch der Vorderstränge veranlaßte immer sehr heftige Convulsionen in einem oder beiden Hinterbeinen; der der Seitenstränge dagegen schwächere Bewegungen, als der der vorderen. Bringt man die Elektroden der Säule an die Hintertheile des vorderen Rückenmarkabschnittes, so entstehen heftige Schmerzen. Allein nicht nur sie, sondern auch alle Bewegungen fehlen nach Longet bei dem Anspruche des vorderen Abschnittes, weil sich nicht, wie er glaubt [4]), das Nervenprincip der motorischen Elemente centrifugal fortpflanzen kann. Jedoch sprechen die an Amphibien leicht anzustellenden Versuche so sehr gegen diese Thatsache, daß deren nähere und wiederholte Untersuchung nothwendig zu sein scheint.

Budge [5]) fand bei Katzen und Hunden, daß alle Schichten des Rückenmarkes, vordere wie hintere und seitliche, Empfindlichkeit besitzen. Er trug z. B. zwei Dritttheile des Rückenmarkes eines Hundes in der Länge eines Zolles von hinten her ab und rief noch heftige Schmerzen hervor, sobald er den freigelegten Ueberrest mit kaustischem Kali betupfte. Legte er das Rückenmark einer Katze von der Bauchhöhle aus bloß, so erregte schon ein Nadelstich Schmerz, obgleich dieser weit geringer, als nach dem Anspruche der Hinterfläche ausfiel. Wurde dann ein Stück von zwei Linien Dicke von den Vordersträngen hinweggenommen, so rief das Betupfen der Wundfläche mit kaustischem Kali heftige Schmerzensäußerungen hervor.

Stilling [6]) gelangte bei ähnlichen Beobachtungen zu anderen Resultaten. Während er die Hinterstränge, die in der Nähe der hinteren Nervenwurzeln befindliche gallertige und die hintere graue Substanz sehr empfindlich fand, konnte er keine Schmerzensreaction durch Reizung der vorderen weißen oder grauen Substanz oder der Seitenstränge

---

[1]) Marshall Hall Abhandlungen über das Nervensystem. Uebersetzt von Kürschner. Marburg, 1840. 8. S. 192. Müller's Archiv. 1840. S. 115 fgg.

[2]) Repertorium. Bd. VI. S. 319.

[3]) F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 273.

[4]) Ebendaselbst S. 274.

[5]) Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Heft I. Frankfurt a. M., 1841. 8. S. 10. 11.

[6]) Roser und Wunderlich medicinische Vierteljahrsschrift. Bd. I. Stuttgart, 1842. 8. S. 106 fgg.

unterhalb des genannten Rolandoschen Streifens veranlassen. Durchschneidet man die hinteren Markstränge mit ihrer grauen Substanz nebst den dazu gehörenden Seitensträngen, so ist kein sensibler Reiz, welcher die Hinterbeine trifft, im Stande, dem Thiere Schmerzensäußerungen zu entlocken. Dieser Versuch zeigt jedoch noch nicht, daß die Hinterstränge allein sensibel sind, weil die Höhenkreuzungsfasern später in den bei dem Experimente getrennten Seitensträngen verlaufen können.

Die Thätigkeiten des Rückenmarks wurden in noch ausgedehnterem Maaße an Fröschen studirt. Van Deen[1]) hat eine große Reihe mit sehr vielem Scharfsinne ausgedachter Experimente geliefert, welche nicht bloß die vorliegende Frage, sondern auch viele Stimmungs- und Mittheilungserscheinungen der Centraltheile erläutern, und Stilling[2]) später die gleiche Bahn mit vielem Fleiße verfolgt. Die Detailsresultate der zahlreichen Beobachtungen, deren Darstellung zu weit führen würde, lassen sich leicht erklären, wenn man sich erinnert, daß die Primitivfasern der Nervenwurzeln zunächst in die graue Substanz eindringen und diese, wie wir schon früher gesehen haben, die eigentlich erzeugende und active Thätigkeit übernimmt. Durchschneidet man daher die hintere und vordere graue Masse, während die markigen Hinter- und Vorderstränge möglichst unverletzt bleiben, so hören Empfindung und willkürliche Bewegung auf. Umgekehrt erhalten sich beide, wenn man nur die weiße vordere oder hintere Substanz lostrennt, deren graue Elemente hingegen unverletzt läßt — Thatsachen, die wir auch schon im Wesentlichen bei den Reflexbewegungen kennen gelernt haben. Die Thätigkeit der grauen Massen spielt mithin bei den selbstbewußten Empfindungen, den willkürlichen und den Reflexbewegungen eine wesentliche Rolle, und keine dieser Functionen ist ohne sie möglich. Ihre Quertheilung lähmt die Fortpflanzung zu oder von dem Gehirn; ihre Zerstörung oder auch nur ihre Trennung von den entsprechenden sensiblen oder motorischen Nerven die Reflexbewegungen.

Der bedeutende Einfluß der grauen Substanz, d. h. der Nervenkörper, ihrer Scheiden und der zwischen ihnen verlaufenden Primitivfasertheile macht es wenigstens theoretisch denkbar, daß die Verletzung dieser Elemente bei centralen Erweichungen, der Rückendarre und ähnlichen Leiden dieselben Lähmungssymptome hervorruft, wie wenn das ganze Rückenmark vernichtet worden wäre. Die Folgen der Atrophie dieses Centralorganes können wenigstens vorläufig durch eine solche Hypothese erklärt werden. Künftige Studien müssen jedoch über den Werth derselben näher entscheiden.

Schneidet man einen enthaupteten Frosch hinter den Vorderbeinen quer durch, so kann man durch verschiedenartige Reizung des Rückenmarks Beugungs- oder Streckbewegungen der Hinterbeine erhalten. Dasselbe Experiment gelingt mit den Vorderfüßen, wenn man das vordere Segment des Rückenmarkes anspricht. Da nun aber diese ausgedehnten Bewegungsgruppen durch Reizung der einzelnen Nervenstämme nicht immer erzeugt werden, so folgt hieraus so wie aus den oben erwähnten Thatsachen, daß die Ursache der genannten regelmäßigen Combinationen in dem Rückenmarke und zwar kurz nach der Aufnahme der Extremitätennerven liege. Zerstört man das Rückenmark eines enthaupteten Frosches, indem man einen Draht in die Wirbelsäule von vorn nach hinten einstößt, so entstehen immer zuletzt Streckbewegungen der Hinterbeine, die oft im Anfange nach vorn gegen die Schnittfläche geführt werden. Die Extension beginnt nach Engelhardt[3]), sobald der Draht das Mark in der Gegend des vierten bis fünften Wirbels trifft. Jedoch kann sie auch schon während der Enthauptung oder bei höheren Verletzungen der Wirbelsäule mit dem in ihm enthaltenen centralen Nervensysteme zu Stande kommen. Legte ich das Rückenmark bloß und reizte die hintere Oberfläche desselben leise in der Gegend des zweiten bis dritten Wirbels, so erzeugten sich in der Regel, je nachdem die Anspruchsstelle seitlich oder mehr in der Mitte lag, Bewegungen eines oder beider Vorderbeine nach hinten. Sie kehrten sich aber nach vorn, wenn die Reizung tiefer eingriff. Eine oder beide Hinterfüße wurden dann nicht gestreckt, sondern nach vorn gegen die Reizungsstelle gewandt. Greift man aber die Vorderfläche des Rückenmarkes

---

[1]) J. van Deen Traités et Découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Leyde, 1841. 8. Vgl. Repertorium VI. 311.

[2]) B. Stilling Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig, 1842. 8.

[3]) Müller's Archiv. 1840. S. 207

in der Gegend des zweiten bis dritten Wirbels mit einem mäßigen Irritamente an, so wird das Vorderbein nach vorn gezogen. Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich in Betreff der Hinterfüße in der Gegend des sechsten bis siebenten Wirbels. Leiser Anspruch der Hinterfläche bewirkt meist Streckung und solche der Vorderfläche Beugung der hinteren Extremitäten. Analoge Erfahrungen ergaben sich auch am Lendentheile von Kaninchen. Wie es scheint, ist eine um so tiefere Verletzung des Rückenmarkes von hinten aus zur Erzeugung der Streckbewegung nöthig, je weiter man sich nach vorn von der Eintrittsstelle der Nerven vorzüglich der Hinterbeine entfernt [1]. Der Mechanismus, durch welchen diese Verhältnisse zu Stande kommen, ist noch nicht bekannt. Sowohl die zum Theil von Bellingeri und mir aufgestellte Hypothese, daß die Nervenfasern der Beuger unmittelbar nach ihrem Eintritte in das Rückenmark in den Vordersträngen bleiben, die der Strecker dagegen mit den Hintersträngen in nähere Beziehung treten, als die von Budge, daß die umgekehrte Anordnung Statt findet, stoßen auf so viele Schwierigkeiten, daß die Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinungen erst durch zukünftige Forschungen ihre definitive Erledigung finden kann.

Die Studien der pathologischen Anatomie haben bis jetzt nur die gröberen physiologischen Verhältnisse, welche sich rücksichtlich der Thätigkeiten des Rückenmarkes beobachten lassen, wie z. B. die Correspondenz der Seitentheile desselben mit denen des Körpers, die größere Ausdehnung der Lähmung mit dem bedeutenderen Fortschritt der Entartung nach dem Kopfe hin bestätigt. Obgleich wir häufig Paralysen der Empfindung ohne solche der Bewegung, und umgekehrt, finden, wiewohl bisweilen die stärksten flexoriellen Contracturen, welche auch nach der Sehnen- oder Muskeldurchschneidung bei Rückenmark- oder Gehirnkrankheiten wiederkehren, und heftige Streckungen der Extremitäten bei dem Tetanus vorkommen, so haben doch die bisherigen Sectionsresultate keinen sicheren und entscheidenden Aufschluß über die oben erwähnten delicateren Fragen geliefert.

Wir haben schon früher gesehen, daß das verlängerte Mark seinen Einfluß auf die sämmtlichen Rückenmarksnerven und den größten Theil der Hirnnerven ausübt. Es bildet mithin, wenn wir nach dem Gehirn fortschreiten, den ersten ausgedehnteren Concentrationspunkt nicht bloß der Nerven des Rumpfes, sondern auch der meisten des Kopfes. Eben so wurde schon früher angeführt, daß in ihm allmälig die seitliche Kreuzung zu Stande kommt. Sie fehlt in seinem hintersten Theile noch gänzlich und wird erst in den über der Brücke und dicht hinter den Großhirnschenkeln liegenden Parthien vollendet. Diese beiden Eigenschaften würden schon dem verlängerten Marke eine wesentlich höhere Stufe als dem Rückenmarke anweisen. Allein seine Beziehungen zur Fortdauer des Lebens machen es zu einem der wichtigsten Organe des centralen Nervensystemes und verleihen ihm, was die materiellen Thätigkeiten der höheren Thiere betrifft, einen bedeutenderen Einfluß, als dem großen und kleinen Gehirn. 1574

Schon Galen wußte, daß ein Thier, dessen verlängertes Mark zerstört wird, augenblicklich zusammenstürzt und sogleich unter heftigen Convulsionen stirbt. Fast jeder Physiolog, welcher sich mit Versuchen über das Gehirn beschäftigt, hat seit Legallois die Erfahrung gemacht, daß man das große und kleine Gehirn eines Säugethiers oder Vogels vollständig entfernen kann, ohne daß der Tod binnen wenigen Minuten eintritt. Säugethiere leben dann, wenn sie nicht die Blutung früher hinwegrafft, Stunden lang und Vögel können sogar unter den später anzugebenden Vorsichtsmaßregeln Wochen und selbst Monate hindurch erhalten werden. Durchschneidet man den oberen Theil

[1] De functionibus nervorum p. 134 fgg. Vgl. dagegen Budge a. a. O. S. 37 fgg.

des Rückenmarkes, so ist die Existenz noch weniger gefährdet. Man kennt selbst an dem Menschen gemachte Krankheitsbeobachtungen, in welchen das Rückenmark in der Gegend des dritten Halswirbels in Folge von Verletzungen quer durchrissen war, ohne daß der Tod auf der Stelle eintrat. Fast alle Theile, welche von Rückenmarksnerven versorgt werden, waren gelähmt. Der Kranke athmete zwar mit größerer Beschwerde, jedoch noch mit hinreichender Intensität, um die Arterialisation seines Blutes zu unterhalten. Sein Verstand war klar, und erst nach Wochen oder Monaten erfolgte der Tod durch Lähmung der Athmung oder der Gehirnthätigkeiten. Kein Säugethier oder Vogel aber überlebt die vollkommene Zerstörung seines verlängerten Markes 5 Minuten lang. Die Verletzung der einen Hälfte desselben hat diese Folgen nicht; es können selbst Menschen mit halbseitigen Apoplexien der Medulla oblongata Jahre lang fortexistiren.

Diese Erscheinungen geben zum Theil einen Anhaltspunkt, um ein Urtheil über die vielfach besprochene Frage zu gewinnen, ob noch der Kopf eines Menschen unmittelbar nach der Enthauptung Empfindung besitze oder nicht. Der Streich geht in der Regel zwischen dem 4ten bis 6ten Halswirbel, selten höher durch. Eine bloße Durchschneidung des Rückenmarkes in dieser Gegend hebt nicht nothwendig das Bewußtsein und die Perception der Eindrücke, welche das Gesicht und den Schädel treffen, auf. Stirbt also bald das Gehirn in Folge der Execution ab, so geschieht es nur deshalb, weil der Blutzufluß und die Athmung aufgehoben worden. Es ist aber unter diesen Verhältnissen denkbar, daß das Herunterfallen und Herumrollen des isolirten Kopfes trotz der Betäubung, welche die Enthauptung verursacht, mehr oder minder gefühlt werde. Aus diesem Grunde erscheint es jedenfalls als zweckmäßiger, daß der Kopf von einem Gehilfen an den Haaren gehalten wird, damit einerseits der Fall desselben verhütet und anderseits das Blut so schnell als möglich entleert werde.

1575 Dieser wichtige Einfluß des verlängerten Markes hat darin seinen Grund, daß es alle automatischen Bewegungen der Ein- und Ausathmungsmuskeln regulirt und harmonisch zusammenfügt. Es wird mithin nach seiner Zerstörung der Athmungsmechanismus aufgehoben, und der Tod tritt bald durch Erstickung ein.

1576 Viele Schriftsteller betrachten diese Wirkung als eine einfache Reflexerscheinung. Allein die Versuche, vorzüglich von Flourens[1]), zeigen deutlich, daß es sich hier um etwas Höheres, um die wohlberechnete Verbindung und Abwechselung der Einzelthätigkeiten handelt. Die letztere kann ohne Störung der Reflexbewegung zum Theil aufgehoben sein. Mit einem Worte, das verlängerte Mark wirkt als der Regulator des wichtigsten instinctiven Mechanismus, welcher in dem Organismus der höheren Geschöpfe vorkommt.

Durchschneidet man das Rückenmark eines Kaninchens in der Gegend zwischen dem letzten Lenden- und dem ersten Brustwirbel, so wird die Athmung des Thieres auf keine wesentliche Weise gestört. Da die Bauchmuskeln nur theilweise durch die Operation gelähmt werden und überdies keinen sehr bedeutenden Einfluß auf den ruhigen Athmungsproceß ausüben, so erklärt sich diese Thatsache von selbst. Trennt man hierauf das

---

[1]) P. Flourens Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertèbrés. Seconde Edition. Paris, 1842. 8. p. 178 fgg.

Rückenmark dicht über dem ersten Brustwirbel, so hört das Spiel der Rippen während der Respiration auf. Ein Hautreiz ruft natürlich immer noch Reflexbewegungen hervor. Allein ihre automatische Betheiligung an dem gewöhnlichen Athmungsprocesse ist vernichtet, weil die continuirliche Verbindung der Eintrittsstelle ihrer Nerven mit dem verlängerten Marke aufgehoben worden. Das Zwerchfell spielt fort und unterhält die mühsamer gewordene Athmung. Macht man nun einen durchgehenden Querschnitt in der Mitte des Halsmarkes, so wird auch das Diaphragma gelähmt, die Athmungsnoth erreicht natürlich einen sehr hohen Grad, allein die Bewegungen der Glottis, das Spiel der Nasenlöcher und das durch die Erstickungsgefahr bedingte Schnappen der Kiefer dauert fort und die letzteren Bewegungen hören erst mit der Trennung des verlängerten Markes in der Gegend der Vagusursprünge auf. Das Thier ist auf der Stelle todt, ohne daß noch Athmungsanstrengungen irgend einer Art versucht werden.

Entfernt man umgekehrt das große und kleine Gehirn eines Kaninchens und schneidet die Brücke so weit hinweg, daß die Trennungsfläche des verlängerten Markes einige Linien von den Ursprüngen der herumschweifenden Nerven liegt, so dauert das Spiel der Inspirationsmuskeln fort. Es bildet mithin das verlängerte Mark und kein Theil des Rückenmarkes oder des großen und kleinen Gehirns das Verbindungsglied, welches die einzelnen Athmungsmuskeln zu einer harmonischen Thätigkeit zusammenknüpft.

Diese Thätigkeit kommt aber nicht der ganzen Medulla oblongata, sondern nur einem begrenzten Theile derselben zu. Die von Flourens [1]) an Kaninchen angestellten Untersuchungen lehrten, daß die Gegend, welche die Athembewegungen leitet, vorn mit dem Ursprunge der einzelnen Wurzeln des Vagus beginnt und hinten ungefähr drei Linien hinter ihnen aufhört. Jede Quertheilung des centralen Nervensystems innerhalb dieser Grenzen vernichtet den Athmungsmechanismus auf der Stelle; jede andere dagegen, die außerhalb derselben liegt, läßt ihn ungestört fortdauern. Nur hören auch die Respirationsbewegungen des Kopfes auf, so wie man den Schnitt eine kurze Strecke vor den Wurzelursprüngen des herumschweifenden Nerven führt.

Die bloße Isolation des genannten Stückes von dem Gehirn und 1577
dem Rückenmark macht noch nicht die Athembewegungen gänzlich unmöglich, weil der (Facialis) Vagus und Accessorius mit dem centralen Nervensysteme in Verbindung bleiben. Eben so kann man das große und kleine Gehirn entfernen und die beiderseitigen Vaguswurzeln durchschneiden, ohne daß alle Athmungsmechanik stillsteht. Denn das verlängerte Mark behält noch die Direction der Rumpfmuskeln, da es mit dem Rückenmarke in Verbindung steht. Exenterirt man dagegen das Gehirn, schneidet das Rückenmark an der oben bezeichneten hinteren Grenze durch und trennt die Wurzeln des Facialis, Vagus und Accessorius, so ist keine Athem-

[2]) a. a. O. p. 198 fgg.

bewegung mehr möglich, weil alle Bahnen nach den peripherischen Organen unterbrochen sind.

1578 Einen anschaulichen Beleg der eben angeführten Thatsachen liefert folgender Versuch. Ein vor wenigen Tagen gebornes und noch blindes Kätzchen wurde durch Strychnin vergiftet. Die Krämpfe schritten von hinten nach vorn fort und der Todeskampf trat binnen wenigen Minuten ein. Nachdem nun Herz und Lungen exenterirt worden, erschien nichts desto weniger noch eine Reihe von Athemzügen. Als diese aufgehört hatten und sich nicht mehr von selbst einstellten, wurden das große und kleine Gehirn entfernt und das verlängerte Mark von seiner Unterfläche aus zuerst mechanisch und dann mittelst eines in Salpetersäure getauchten Stiftes gereizt. Es entstanden jedes Mal bei vier Versuchen sehr tiefe Einathmungen, bei denen die Kiefer stark klappten. Die Zunge bewegte sich gleichzeitig heftig und wurde nach dem Munde zurückgezogen.

Daß zugleich das verlängerte Mark auf den Herzschlag einwirkt, haben wir schon früher gesehen. Eben so lassen sich nicht seine Beziehungen zu den Bewegungen des Kehlkopfes und des Schlundes bezweifeln.

Die Annahme von Ch. Bell [1]), daß der (Patheticus) Facialis (Glossopharyngeus), Vagus, Accessorius, Phrenicus, der N. thoracicus s. pectoralis posterior s. respiratorius externus des sechsten Halsnerven und die Brust- und Bauchnerven, welche in die Athemmuskeln verlaufen, ein eigenes Nervensystem bilden, das besonders mit den Seitensträngen des Rückenmarkes und verlängerten Markes in Verbindung steht, läßt sich nicht consequent durchführen. Denn abgesehen davon, daß der Patheticus und Glossopharyngeus gar nicht hierher gehören, so ist einerseits die functionelle Beziehung zu den Lateralparthien des centralen Nervensystemes rein hypothetisch, während anderseits auch noch fernere Theile, z. B. die Extremitäten bei sehr großer Respirationsanstrengung, z. B. in der Athmungsnoth zur Mithilfe gezogen werden. Eben so dienen viele Rückenmuskeln nicht minder der willkürlichen Bewegung, als der Athmung. Auf gleiche Weise müßte ein eigenes Schling-, ein besonderes Geschlechtsnervensystem u. dgl. existiren. Die Association liegt nicht darin, daß eigene Gruppen peripherischer Nerven geschaffen worden, sondern in der eigenthümlichen Einrichtung eines Centraltheiles, welcher auf alle Nerven, die zu diesem Zwecke gebraucht werden, einwirken kann. Je nach Bedarf wird dann auch ein größerer oder geringerer Bezirk der Muskeln zu Hilfe gezogen.

Die Ursache der Periodicität der Athembewegungen ist noch eben so dunkel, als die Mechanik der Elemente des verlängerten Markes, welche die Association der hierzu nothwendigen Muskeln zu Stande bringt. Wir wissen nur so viel, daß weder der sensible Reiz der Luft in den Lungen, noch der an der Haut diese Erscheinungen auf dem Wege des Reflexes verursacht. Denn die Athembewegungen dauern, wie wir gesehen, noch fort, wenn man die Lungen exstirpirt oder die Haut abzieht. Es läßt sich für jetzt nur so viel behaupten, daß der ungehinderte Zufluß arteriellen Blutes jene periodische Strömung bei Säugethieren und Vögeln unterhält, die durch bloß venöses Blut vermittelte Ernährung der Medulla oblongata dagegen zuerst stärkere Athemzüge, dann Convulsionen und den Stillstand aller Athembewegungen erzeugt. Die letzteren Wirkungen zeigen sich auch, wenn das verlängerte Mark von aller Blutzufuhr abgeschnitten ist.

Das Centralorgan des Athemapparates ist so eingerichtet, daß der Respirationsmechanismus das ganze Leben hindurch fortdauert. Die hierdurch bewirkte Einsaugung der Atmosphäre in die Lungen unterhält den Herzschlag und den Kreislauf. Das auf diese Art veränderte Blut belebt alle Organe, mithin auch den Centralapparat der Athmung selbst. Wir haben daher auf diese Weise eine fortwährende gegenseitige Wechselwirkung, bei

---

[1]) Karl Bell's physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensystems. Uebersetzt von M. H. Romberg. Berlin, 1832. 8. S. 33 fgg.

welcher das verlängerte Mark und die Athemmuskeln die Rollen des Bedingenden und Bedingten zugleich übernehmen.

Obgleich aber der nervöse Mittelpunkt der Athmung eine gewisse Emancipation von den übrigen Körperzuständen behaupten und bei allen Verschiedenheiten derselben thätig bleiben muß, so kann er doch seiner Modalität nach von zwei Seiten her influencirt werden. Stärkere peripherische Reize bringen auch einen Wechsel in der Art des Athmens hervor. Wir sehen dieses bei dem Niesen, Husten, Schluchzen, Keuchen, Laufen, Springen, dem kurzen Respiriren während schmerzhafter Operationen u. dgl. mehr. Indem das verlängerte Mark alle Körpernerven in sich aufnimmt, kann es auf diese Weise die mannigfachsten Reize auf die Athmungszustände übertragen. Ebenso ist aber auch der Wille durch die continuirliche Verbindung des verlängerten Markes mit dem Gehirn im Stande, einen bestimmten Einfluß auf den Respirationsproceß auszuüben. Wir können die Schnelligkeit und Intensität unserer Athemzüge zunächst durch die Einwirkung auf die dabei betheiligten Rumpfmuskeln nach Belieben erhöhen oder erniedrigen, oder den Modus der Verbindung der in dieser Hinsicht in Betracht kommenden Muskeln, wie z. B. bei dem Drücken verändern. Die uns aufregenden oder niederschlagenden Leidenschaften reflectiren sich leicht in unseren Athembewegungen u. dgl. mehr.

Anencephalen, denen das große und kleine Gehirn fehlt, die aber ein vollständiges verlängertes Mark besitzen und anderseits Mißgeburten mit Spina bifida, deren Rückenmark gänzlich zerstört worden, können noch einige Zeit fortleben, weil ihre Athmung möglich bleibt. Eben so ist ein Kind, das wegen Enge des Beckens von dem Geburtshelfer excerebrirt worden, im Stande, mehrere Stunden nach der Geburt zu athmen, zu schreien oder sich zu bewegen, sobald die Perforation die Medulla oblongata geschont hat.

Das verlängerte Mark hat außerdem noch das Vermögen, die Mus- 1579
kulatur des Rumpfes und der Extremitäten zu gewissen anderen Bewegungsgruppen zu verbinden. Hat man das große und kleine Gehirn eines Kaninchens entfernt und nur die Brücke mit den über ihr liegenden Theilen, das verlängerte Mark und das Rückenmark unversehrt zurückgelassen und hält dem Thiere eine Auflösung von kaustischem Ammoniak vor die Nase, so kratzt es die Nasenlöcher mit den Vorderfüßen (Longet)[1]. Es ist nicht im Stande, sich aufrecht zu erhalten. Drückt man aber seinen Schwanz zusammen, so macht es Versuche davonzugehen, ohne daß ihm dieses gelingt. Andere ähnliche Erfahrungen werden noch später bei Gelegenheit der Thätigkeiten des kleinen Gehirns angeführt werden.

Diese Thatsachen berechtigen uns jedoch noch nicht zu der Annahme[2], 1580
daß das verlängerte Mark der Sitz des Willenseinflusses sei. Die Erfahrung, daß dieser nach der Durchschneidung beider Großhirnschenkel aufhört und bei Apoplexien durch Extravasate im Streifen- und Sehhügel verschwindet, beweist eher das Gegentheil. Jene Erscheinungen lassen sich vielmehr unter demselben Gesichtspunkte, wie die Zweckmäßigkeit der Reflexbewegungen, d. h. als instinctive Thätigkeiten, welche durch organische Einrichtungen der Centraltheile des Nervensystemes bedingt werden, auffassen.

Kaninchen, denen das große und kleine Gehirn exstirpirt worden, 1581
schreien noch laut auf, sobald man ihren N. trigeminus reizt, und gerathen in die größte Unruhe, wenn man ihren Schwanz stark kneipt (Longet)[3]. Es treten mithin alle äußeren Zeichen der Schmerzensreaction, wie bei

[1]) Longet a. a. O. Tome I p. 431.
[2]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 845.
[3]) a. a. O. Tome I. p. 429.

einem gesunden Thiere hervor. Allein auch hieraus läßt sich nicht mit aller Bestimmtheit schließen, daß noch eine selbstbewußte Empfindung vorhanden sei. Denn die Verengerung der Stimmritze und die starken Ausathmungsbewegungen, welche die hohen gellenden Töne hervorrufen, so wie die Unruhe des Körpers können bloß eine heftigere Reaction der materiellen Instinctcombination des verlängerten Markes, die von der reellen Schmerzensperception noch wesentlich verschieden ist, darstellen.

1582 Die Combinationsthätigkeit des verlängerten Markes scheint sich auch noch durch ein anderes wesentliches Moment von den Reflexbewegungen zu unterscheiden. Die letzteren werden durch die Entfernung des Gehirns frei gemacht. Sie treten bei einem enthaupteten Thiere ungefesselter als bei einem gesunden hervor und können umgekehrt bei dem letzteren durch den festen Willen größtentheils oder gänzlich unterdrückt werden. Keines von beiden kehrt z. B. bei den Athembewegungen wieder. Sie werden nach der Exstirpation des großen und kleinen Gehirns eher langsamer als geschwinder und lassen sich nicht durch unseren Willen für irgend längere Zeit aufheben. Es wäre daher wohl denkbar, daß die Natur diese von dem Einflusse des Ich in höherem Grade emancipirten Elemente des verlängerten Markes benutzte, um auch andere delicatere Verhältnisse der Eingeweide des Unterleibes und des Beckens zu reguliren.

1583 Wir haben schon früher gesehen, daß die Vierhügel mit den Thätigkeiten der Augen in innigster Beziehung stehen. Reizt man die eine vordere Anschwellung derselben bei einem Säugethiere, so ziehen sich die Regenbogenhäute beider Augen zusammen. Die Abtragung der Vierhügel erzeugt Blindheit und hebt die Reflexbewegungen der Iris auf. Verletzungen der rechten Seite wirken auf das linke Auge, und umgekehrt [1]).

Einzelne Forscher, wie z. B. Flourens, Hertwig, Purkinje und Krauß beobachteten auch, daß sich Säugethiere oder Vögel nach der Verletzung der einen Hälfte ihrer Vierhügel nach der Seite des gesunden Auges herumwendeten oder im Ganzen fortwährend im Kreise drehten. Allein beiderlei Wirkungen rühren nicht, wie sich fast mit Gewißheit annehmen läßt, von den ursprünglichen Thätigkeiten der Vierhügel her. Die erstere Erscheinung ist vorzüglich bei Vögeln, wo sie auch von Flourens allein beobachtet worden, eine reine Folge der Blindheit des einen Bulbus und kehrt nach der directen Zerstörung oder selbst nur dem Zubinden eines gesunden Auges wieder. Die fortwährenden Kreisbewegungen der Hunde oder Kaninchen dagegen rühren, wie wir bald sehen werden, von den gleichzeitigen Verletzungen der darunter liegenden Theile, vorzüglich der Hauben und der Großhirnschenkel, her.

Die bisherigen Erfahrungen erläutern noch nicht definitiv, ob die durch die Exstirpation der Vierhügel bedingte Lähmung alle Fasern des Sehnerven oder was wahrscheinlicher sein dürfte, nur einen Theil derselben umfaßt. Eben so beruht vielleicht ihre Wirkung auf die Regenbogenhaut nur darauf, daß die Fasern des Oculomotorius durch sie hindurchtreten. Beide Functionen umfassen aber vermuthlich nicht die ganze Bestimmung, welche den Vierhügeln zukommt. Daß sie noch besondere uns bis jetzt unbekannte Kräfte besitzen, deutet auch ihre starke Ausbildung bei Thieren mit sehr reducirten Augen, wie dem Maulwurfe an.

---

[1]) Flourens a. a. O. p. 142 fgg. Hertwig a. a. O. p. 18. Longet a. a. O. Tome I. p. 469—72.

Durchschneidet man die rechte Hälfte des Halsmarkes, so wird das Vorderbein und das Hinterbein der rechten Seite gelähmt. Beide können nicht mehr die Körperlast wie gesunde Organe unterstützen. Allein es treten keine tumultuarischen Bewegungen des Gesammtorganismus hervor. Enthauptete Säugethiere wälzen und drehen sich zwar bisweilen noch einige Minuten. Allein es fragt sich, wie viel hierzu die Höhe der Verletzung und der Reiz der Wunde beiträgt. Halbirt man dagegen einen Gehirntheil, der vor der seitlichen Kreuzung der Rumpfnervenfasern liegt, so erscheint nicht bloß eine Paralyse der entgegengesetzten Körperhälfte, sondern das Thier wird wenigstens häufig veranlaßt, gewisse ungewöhnliche Bewegungen anhaltend vorzunehmen oder sie dann hervortreten zu lassen, wenn sein Wille auf seine Rumpfmukulatur einwirkt. 1584

1) Magendie legte das kleine Gehirn und das verlängerte Mark von Kaninchen bloß, hob das erstere in die Höhe und machte nun einen durch den Boden des vierten Ventrikels gehenden einseitigen Querschnitt, dessen inneres Ende 3 bis 4 Millimeter von der Mittellinie entfernt lag. Das Thier erhielt dadurch die Neigung, sich im Kreise wie ein Pferd auf der Reitbahn, und zwar nach der Richtung der verletzten Seitenhälfte des verlängerten Markes herumzubewegen.

2) Magendie und Flourens durchschnitten die eine Seitenhälfte der Brücke der Länge nach. Die Thiere rollten dann ohne äußere Veranlassung und wie durch eine Gewalt getrieben um die Längenachse ihres Körpers herum. Die Richtung dieser Drehung ging nach der verletzten Seite hin.

3) Die Durchschneidung des einen Crus cerebelli ad pontem hat ebenfalls eine anhaltende Rotation um die Längenachse des Körpers zur Folge. Fand die Verletzung des Brückenschenkels auf der rechten Seite Statt, so wälzt sich Thier nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Flourens [1]), Lafargue und Longet [2]) von rechts nach links. Nur Magendie [3]) giebt an, die umgekehrte Richtung in diesem Falle beobachtet zu haben. Zu gleicher Zeit erscheint dann das Auge der verwundeten Seite nach unten und vorn, das der entgegengesetzten aber nach oben und hinten verzogen.

4) Die Trennung eines oder beider Crura cerebelli ad corpora quadrigemina stört weder die Bewegungen noch die Empfindungen der Körpertheile auf eine bemerkenswerthe Art. Dasselbe scheint im Wesentlichen von den Crura cerebelli ad medullam oblongatam zu gelten, wenn nicht benachbarte tiefere Stellen des verlängerten Markes verletzt werden. Die Thiere krümmen sich nur bisweilen nach der kranken Seite hin (Rolando).

5) Verletzt man z. B. die rechte Kleinhirnhemisphäre eines Kaninchens oberflächlich, so zeigt sich entweder gar keine Störung oder höchstens eine gewisse Schwäche und Unsicherheit der Bewegungswerkzeuge. Das Thier

---

[1]) Flourens a. a. O. p. 489. [2]) Longet a. a. O. Tome I. p. 434.

[3]) Magendie Vorlesungen über das Nervensystem, übersetzt von Krupp. Leipzig, 1841. 8. S. 173.

schwankt, wenn es vorwärtsgehen soll, verhält sich aber sonst ruhig. Die Störungen nehmen dagegen mit der Durchschneidung des rechten Lebensbaumes einen ernsteren Charakter an. Das an der linken Körperhälfte gelähmte Kaninchen sinkt um, wendet seinen Kopf nach rechts, dreht sich nach dieser Seite hin um seine Längenachse, richtet sein rechtes Auge starr nach unten, sein linkes dagegen nach oben und zeigt eine Erweiterung der Pupillen, die sich aber später oder nach dem Tode von Neuem verkleinern können. Fällt es erschöpft hin, so legt es sich auf die linke Seite. Die Durchschneidung des linken Lebensbaumes ruft die entgegengesetzten Drehbewegungen hervor. Es geht aber dann noch von Zeit zu Zeit vorwärts und blinzelt von selbst mit seinen Augen (Purkinje u. Krauß) [1].

6) Entfernt man einem Säugethiere die rechte Hemisphäre des kleinen Gehirns, so dreht es sich in seinen unwillkürlichen Manegebewegungen von rechts nach links und umgekehrt nach bloßer Exstirpation der linken Kleinhirnhemisphäre von links nach rechts.

7) Dieselbe Rotationsart von rechts nach links wiederholt sich, wenn man den rechten Großhirnschenkel dicht vor der Brücke (oder selbst über derselben) oder den rechten Sehhügel oder Streifenhügel oder überhaupt die innere Parthie der rechten Großhirnhemisphäre verletzt oder diese gänzlich entfernt. Die gleiche Erscheinung zeigt sich bei tiefer Durchschneidung der rechten Hälfte der Vierhügel, so daß die darunter liegenden Hauben mit afficirt werden. Dagegen fehlten die Drehungen nach der bloßen Trennung des Balkens, der durchsichtigen Scheidewand, traten aber, so wie man seitlich die innersten Theile der einen Großhirnhemisphäre durchschnitt, mit größerer oder geringerer Intensität hervor.

8) Alle einseitigen Rotationen hören meistentheils auf, so wie man den symmetrischen Seitentheil ebenfalls verletzt, mithin nach der Durchschneidung beider Klein- oder Großhirnschenkel oder der Exstirpation des gesammten kleinen oder großen Gehirns, u. dgl. mehr. Die Neigung sich zu drehen kann, wie es scheint, verbleiben, wenn man z. B. ungleich große Stücke der beiden Großhirnhemisphären zurückgelassen hat.

1585 Wir sehen mithin, daß diese halbseitigen Durchschneidungen in der Regel Drehbewegungen, die von der verletzten Seite des Gehirns nach der gesunden oder, wenn wir die Kreuzungsverhältnisse berücksichtigen, von der noch kräftigeren Körperhälfte nach der halbgelähmten hingehen, veranlassen. Der Unterschied aber, ob horizontale Manegebewegungen oder Drehungen um die Längenachse zu Stande kommen, scheint von untergeordneter Bedeutung zu sein und vorzüglich davon herzurühren, ob noch die Verletzung des Gehirns dem Thiere das Stehen auf vier Füßen gestattet, oder nicht. Jedoch ist zu bemerken, daß auch die Lage oder selbst innere Verhältnisse bestimmen können, in welcher Weise die Wälzung, ob nach Art eines Rades oder eines um seine Längenachse gedrehten Cylinders, zu Stande kommt.

---

[1]) H. C. G. Krauss De cerebri laesi ad motum voluntarium relatione certaque vertiginis directione certis cerebri laesionibus pendente. Vratislaviae, 1824. 8. p. 14. 15.

Die Intensität, mit welcher diese Rotationen erfolgen, ist theils nach 1586
der Natur der Verletzungen, theils nach der Individualität des Thieres sehr verschieden. Manche Kaninchen drehen sich, nachdem man ihnen z. B. einen Klein- oder Großhirnschenkel durchschnitten und sie losgelassen, so heftig, als wenn ihnen eine innere Gewalt keine Ruhe gönnte. Dieser convulsivische Zustand kann sogar nach Magendie 12 bis 24 Stunden anhaltend fortdauern. Andere Thiere rotiren eine Zeit lang nach der Operation und werden dann ruhig. Noch andere — und dieses zeigen z. B. Hunde und Kaninchen, deren eine Großhirnhemisphäre entfernt worden — bleiben still, können aber nicht, wenn sie vorwärts gestoßen werden, geradeaus gehen, sondern beschreiben dann einen größeren oder kleineren Bogen oder einen vollständigen Kreis.

Die natürlichste Erklärung dieser Erscheinungen besteht in der An- 1587
nahme, daß die halbseitige Durchschneidung der genannten Hirntheile das Gleichgewicht der Bewegungen der beiden Körperhälften stört. Die Trennung des rechten Kleinhirnschenkels z. B. kann vielleicht auf die rechte wie die linke Körperhälfte einwirken. Allein sie lähmt die letztere offenbar mehr als die erstere, macht sie jedoch nicht bei Säugethieren, wie es scheint, absolut hemiplegisch. Will sich nun das Thier nach vorn bewegen, so muß die stärker wirkende rechte Hälfte seinen Körper nach links schieben, und indem sich dieses in jedem Momente fortsetzt, einen Manegegang bedingen. Daß dieser aber bisweilen von selbst entsteht, scheint anzuzeigen, daß die Verletzung eine anhaltende Explosion der in ihrem Gleichgewichte gestörten Elemente erzeugt, deren Ursache und Wesen uns freilich noch unbekannt ist. Die unvollständige Lähmung, welche eine Folge der Durchschneidung der Kleinhirnschenkel z. B. ist und die vollkommene Paralyse, welche nach der halben Zerstörung des Rückenmarkes eintritt, giebt auch vielleicht Rechenschaft, weshalb die Drehung im letzteren Falle mangelt.

So dunkel auch der Zweck der seitlichen Kreuzung der Nervenfasern im verlängerten Marke bleibt, so scheint wenigstens ein Nutzen derselben der zu sein, jeder Hemisphäre des großen Gehirns einen unmittelbaren Einfluß auf beide Körperhälften zu gestatten. Denn die selbstständigen Drehungen oder die, welche nach äußeren Veranlassungen erfolgen, zeigen nicht nur, daß die der Gehirnwunde entgegengesetzte Seite des Körpers geschwächt, sondern auch die entsprechende in ihrer Function erhöht ist.

Manche Verletzungen des kleinen Gehirns oder zu ihm gehörender 1588
Gebilde rufen ebenfalls eigenthümliche Stellungen oder Bewegungsarten hervor. Durchschneidet man bei Kaninchen die beiden Crura cerebelli ad medullam oblongatam, so erhält das Thier nach Flourens [1]) die Neigung rückwärts zu gehen. Das gleiche Resultat erscheint nach Purkinje und Krauß [2]), wenn man das kleine Gehirn in zwei beliebige gleiche Hälften, eine rechte und linke, eine vordere und hintere, eine obere und untere sondert. Der Kopf wird dann plötzlich, ohne daß ein Starrkrampf des Nackens Statt fände, nach rückwärts gezogen. Die Pupillen

---

[1]) Flourens a. a. O. p. 443 fgg. 490 fgg.

[2]) Krauss a. a. O. p. 16.

erweitern sich, die Augen stehen nach oben und hinten. Die Vorderbeine schlagen fortwährend nach oben und werfen jeden ihnen im Wege stehenden Gegenstand mit Gewalt von sich. Die wenig geneigten Hinterfüße dagegen gerathen seltener in klonische Thätigkeit. Der ganze Rumpf biegt sich bisweilen nach hinten. Wird das Thier gestoßen, so macht es entweder gar keine Bewegungen oder ist eher geneigt, rückwärts als vorwärts zu gehen. Vögel, wie Hühner, Tauben, Sperlinge, denen man das kleine Gehirn in seiner Mitte der Länge nach durchschnitten hat, fliegen häufig nach rückwärts oder gehen in dem schon §. 1585 erwähnten Manegekreise fort.

Wenn sich aber auch die größere Geneigtheit, nach hinten zurückzuweichen, bisweilen zu erkennen giebt, so bildet sie doch keineswegs ein immer entschieden ausgesprochenes und beständiges Symptom, welches der Ausrottung selbst des ganzen kleinen Gehirns nachfolgt. Sie fehlt nicht nur oft gänzlich, sondern manche Thiere gehen sogar abwechselnd vor- und rückwärts. Es ist möglich, daß die Art und Ausdehnung der Verletzung einen entscheidenden Einfluß in dieser Hinsicht ausübt. Dieses Schwanken der Resultate, von dem sich jeder Beobachter leicht überzeugen kann, erklärt es, warum Fodéra, Magendie, Flourens, Purkinje und Krauß, Bouillaud die Erscheinung wahrnahmen, Lafargue, Longet [1]) und Volkmann [2]) dagegen dieselben nicht beobachteten.

Während mehrfache Krankheitsfälle von Menschen vorliegen, die an organischen Entartungen eines Groß- oder Kleinhirnschenkels litten und Zeichen von Drehbewegungen darboten, gehört, wie es scheint, ein unwillkürliches Rückwärtsgehen bei Leiden des Cerebellum zu den größten Seltenheiten [3]). Es können im Gegentheil sehr bedeutende Blutaustretungen, Vereiterungen, Tuberkelabsätze u. dgl. im kleinen Gehirn vorkommen, ohne daß sich jenes Phänomen darbietet.

1589 Magendie [4]) fand, daß Kaninchen (nicht aber Hunde oder andere Säugethiere) nach der Exstirpation des einen gestreiften Körpers unruhig werden, aber immer noch ihre Bewegungen beherrschen können, nach der Entfernung des zweiten gestreiften Körpers dagegen pfeilschnell nach vorn schießen und so lange in dieser Bahn gerade fortlaufen, bis ihnen ein fester Widerstand in den Weg kommt. Purkinje und Krauß [5]) bemerkten, daß Vögel, denen sie die Varolsbrücke quer durchschnitten hatten, ihren Schnabel nach unten bogen und ihn gegen den Fußboden stützten. Sie flogen eine Strecke nach vorn und setzten sich bald ermüdet nieder.

Jenes Vorschießen nach vorn ist ebenfalls kein constantes Zeichen. Lafargue fand es in einer größeren Reihe von Versuchen nur zwei und

---

[1]) Longet a. a. O. Tome I. p. 744—46.

[2]) R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 593.

[3]) Einen Fall der Art siehe in Magendie Journal de Physiologie expérimentale. Tome VI. p. 162. und Longet a. a. O. Tome I. p. 746.

[4]) a. a. O. p. 162.

[5]) a. a. O. p. 43.

Longet[1]) bei mehr als 20 Kaninchen bloß ein Mal. Nach Abtragung beider Großhirnhemisphären fehlt es sogar in der Regel.

Magendie stellte die Vermuthung auf, daß hier ein gewisser Anta- 1590
gonismus Statt finde. Gleich wie ein Thier nach der Exstirpation des kleinen Gehirns zurückweiche, so schieße es nach der Zerstörung der Gesammtmasse und nicht bloß der grauen Substanz des gestreiften Körpers nach vorn. Beide Kräfte hielten sich im Leben das Gleichgewicht, indem gleichsam die Streifenhügel nach hinten, das kleine Gehirn nach vorn treibe. Ich habe jedoch das heftigste Vorschießen in gerader Linie bis zu einer widerstehenden Wand bei Kaninchen beobachtet, denen die Sehnerven durchschnitten waren. Die plötzliche Blindheit trieb die Thiere zu dieser energischen in gerader Linie fortgehenden Flucht. In ihrer Hast stießen sie dann gegen die Wand des Zimmers mit großem Geräusche an. Eben so entfliehen auch schon Kaninchen bisweilen in ähnlicher Art, wenn man nur ihre Haut oder die Schädelknochen verletzt hat. Da nun oft die Exstirpation der beiden Streifenhügel mit der Durchschneidung der Sehnerven verbunden ist, so bildet wahrscheinlich das geradlinigte Vorschießen die Folge der plötzlichen Blindheit und des Schreckens des Thieres. Lafargue ist auch bei seinen Versuchen zu dem gleichen Endresultate gelangt. Denn die Verletzung der Vierhügel rief die oben erwähnten Erscheinungen eben so vollkommen hervor.

Die Zerstörung des kleinen Gehirns verursacht, wie wir gesehen 1591
haben, keine Schmerzen, sobald man nur nicht seinen unteren und inneren Theil oder seine verschiedenartigen Schenkel zerrt oder drückt. Eben so wenig entstehen dann Convulsionen, welche einzig und allein durch die Operation bedingt wären. Hat man aber die rechte Kleinhirnhemisphäre eines Säugethieres entfernt, so erscheint vorzugsweise die linke Rumpfhälfte geschwächt, nicht aber gänzlich gelähmt. Diesem entsprechend finden wir auch bisweilen bei Hemiplegien Blutextravasate in der entgegengesetzten Hälfte des kleinen Gehirns, obgleich anderseits bedeutende Zerstörungen dieses Organes vorhanden sein können, ohne daß sich einseitige Paralysenerscheinungen oder überhaupt scharf umgränzte Lähmungen zu erkennen geben.

Theilt man das kleine Gehirn eines Säugethieres, z. B. einer Katze 1592
in zwei seitliche Hälften, so treten bisweilen mehr oder minder ausgesprochene Lähmungen der einen Körperseite hervor. Diese Erscheinung rührt wahrscheinlich davon her, daß die Theilung nicht genau in der Mitte Statt gefunden. Beständiger noch zeigt sich in diesem Falle das Resultat, daß das Thier nur mit großer Mühe und wankend einhergeht. Ueberlebt es die Operation mehrere Tage, so gewinnt später der Gang eine immer größere Sicherheit[2]). Vögel können in der Regel nicht mehr in dem gleichen Falle geschickt fliegen und haben bei der Unsicherheit ihrer Stellung Schwierigkeiten, ihrer Futter zu ergreifen.

---

[1]) Longet a. a. O. Tome I. p. 515. 516.
[2]) Hertwig a. a. O. p. 17.

1593 Schneidet man die oberflächlichen Schichten des kleinen Gehirns eines Säugethieres oder Vogels ab, so werden die Gangbewegungen in geringem Grade geschwächt und unsicher. Trennt man neue Lamellen los, so daß man ungefähr die Hälfte des Organes entfernt, so bietet das Thier vollkommen die Haltung eines Trunkenen dar. Der Gang wird wankend und unsicher. Vögel fliegen auf eine sehr eigenthümliche und ungeschickte Weise. Hat man das ganze kleine Gehirn entfernt, so behält zwar noch das Thier die Fähigkeit, alle seine Muskeln willkürlich zusammenzuziehen. Allein es ist ihm unmöglich, sie zu den beabsichtigten Wirkungen auf zweckmäßige Weise zu verbinden. Es kann sich nicht gehörig stehend auf den Beinen erhalten, viel weniger ordentlich laufen. Es macht die längste Zeit alle möglichen Anstrengungen, um vollkommen aufzustehen, ohne daß es ihm gelingt. Legt man es auf den Rücken, so ist es außer Stande, sich aufzuheben. Vögel flattern mit ihren Flügeln, ohne die zum Fluge nöthige Combination derselben finden zu können. Diese Infirmitäten vermindern sich auch nicht, wenn z. B. der Vogel noch eine Woche nach der Operation und länger lebt. Die Fähigkeit der Schmerzensempfindung und das Sehen und Hören gehen selbst nicht durch die gänzliche Abtragung des kleinen Gehirns verloren.

1594 Flourens[1]), welcher zuerst diese leicht zu bestätigenden Erscheinungen verfolgte, schloß aus ihnen, daß das kleine Gehirn den Coordinator der Körperbewegungen bilde. Diese Ansicht giebt auch wenigstens offenbar einen passenden Ausdruck für die ihrem Wesen nach noch unbekannten Eigenschaften dieses Hirntheiles. Wir haben gesehen, daß schon das Rückenmark die Combination der Flexoren und Extensoren, der Adductoren und Abductoren bedingen kann. Das verlängerte Mark verband die Athemmuskeln mit einander und zog auch die übrige Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten zu Hilfe. Alle diese Fähigkeiten erhalten sich noch nach der Entfernung des kleinen Gehirns. Eben so verbleiben der Wille und die subjectiven Schmerzens- und Sinnesempfindungen. Allein die gehörige Vereinigung und Succession der Muskelzusammenziehungen, welche das feste Stehen, Gehen, Fliegen, Aufsitzen, Ausweichen u. dgl. nothwendig macht, sind, wenn sie auch der Wille befiehlt, unmöglich. Fassen wir mithin das kleine Gehirn als das Vermittelungsorgan dieser Thätigkeiten auf, so wird es erklärlich, weshalb dasselbe auf die Bewegungen der Extremitäten und sogar drr Eingeweide einen bedeutenden, keineswegs aber einen ausschließlichen Einfluß ausübt.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß das kleine Gehirn noch außerdem wesentliche Functionen besitzt. Allein weder das physiologische, noch das pathologische Studium konnte bis jetzt in dieser Beziehung sichere Aufschlüsse verschaffen. Die Ansicht von Willis, daß es die unwillkürlichen Bewegungen der Eingeweide beherrsche, hat keine positiven Thatsachen für sich. Allein eben so wenig ist dieses bei strenger kritischer Prüfung mit der Hypothese von Gall, daß es die Verhältnisse der Geschlechtstheile leite, der Fall. Da es, wie wir gesehen haben, einen motorischen Einfluß auf die Samenleiter, die Gebärmutter und die Tuben ausübt, so können Krankheiten desselben die Geschlechtstheile afficiren; gleichwie dasselbe in Betreff des Rückenmarkes der Fall ist, und

[1]) **Flourens** a. a. O. p. 33. 53. 133.

z. B. ein Erhenkter, dessen Halsmark gequetscht worden, Samenergießung, wenn er aber ohne mechanische Verletzung desselben gestorben, ein solches Symptom nicht darbietet. Allein die bisherigen physiologischen und pathologischen Erfahrungen reichen noch nicht hin, um zu erhärten, daß das kleine Gehirn das ausschließliche Centralorgan der Genitalverrichtungen sei. Alles deutet vielmehr darauf hin, daß das große Gehirn den materiellen Vermittler des Geschlechtstriebes, wie anderer Begierden und Leidenschaften, darstelle.

Noch dunkler sind die Specialthätigkeiten der einzelnen Gebilde des 1595
großen Gehirns. Oeffnet man den Schädel eines Kaninchens dicht neben dem oberen Längenblutleiter und trennt mit einem zwischen beiden Hemisphären eingestochenen Messer den Balken, die durchsichtige Scheidewand, das Gewölbe, die vordere Commissur und den Boden des dritten Ventrikels, so zeigen sich weder Schmerzensempfindungen, noch Krämpfe. Die letzteren stellen sich nur dann ein, wenn die Blutung der Balkenschlagader oder der zufällig getroffenen Hirncarotis lebensgefährliche Symptome von Gehirndruck veranlaßt. Eben so entsteht nur Schmerz, wenn man die inneren und unteren Theile der Streifen- und Sehhügel, die Großhirnschenkel oder einen der sensiblen Hirnnerven getroffen hat.

Schüchterne Kaninchen zeigen schon, sobald sie nur angefaßt werden, 1596
einen sehr raschen Herzschlag. Die Zahl der Pulsationen erhöht sich dann nicht mehr nach der Balken- und Gewölbeverletzung auf eine auffallende Weise; allein das schnelle Klopfen, welches vollkommen an das Geklapper in einer Mühle erinnert, dauert bis zum Tode fort und erhält sich selbst während des zuletzt eintretenden Sopors. Phlegmatischere Thiere dagegen zeigen deutlich, daß die Durchschneidung des Balkens und der unter ihm liegenden Gebilde die Zahl der Doppelschläge des Herzens vergrößert. Das eines Kaninchens machte z. B., nachdem schon ein langes schmales Knochenblatt neben dem Sinus longitudinalis superior entfernt worden war, 150 bis 155 Pulsationen in der Minute. Sie stiegen unmittelbar nach der Balkendurchschneidung auf 200 bis 205 und erhielten sich auf dieser Höhe bis zu dem drei Tage später eingetretenen Tode fast unverändert. Eben so stiegen sie bei einem zweiten Thiere von 30 auf 105 Doppelpulsationen und behielten noch diese ihre auffallende Schnelligkeit während der Agonie bei. Zu gleicher Zeit scheinen sie aber an Kraft zu verlieren, was sie an Zahl gewinnen. Diese Thatsachen dürften zum Theil den Weg andeuten, auf welchem sich auch bei uns die Zahl der Herzschläge nach Gemüthsaffecten verstärkt.

So weit es sich beurtheilen läßt, haben die auf die oben geschilderte 1597
Weise operirten Thiere keine Störung der Functionen ihrer Sinnesthätigkeiten erlitten. Eben so wenig zeigen sie jene Apathie, welche wir bald als die Folge der Entfernung der beiden Großhirnhemisphären kennen lernen werden. Sie reagiren auf jeden Reiz und bewegen sich vollkommen willkürlich wie gesunde Geschöpfe. Nur lieben sie es, ruhig zu sitzen, verlassen oft nicht Stunden lang ihren Platz und gehen, wenn man sie stört oder in ihrer Nähe Lärm macht, einige Schritte vorwärts, um bald wieder in ihre frühere Ruhe zu verfallen. Greift man sie an, so zeigen sie sich leicht sehr boshaft, widerstehen mit vieler Kraft, suchen zu kratzen

und sind, wie es scheint, weit reizbarer und böser als gesunde Thiere. War ein einseitiges Extravasat oder eine Verletzung der inneren und unteren Theile der einen Großhirnhemisphäre vorhanden, so kann ein leichter Hautreiz anhaltende und sehr heftige Drehbewegungen hervorrufen. Manche Thiere bieten noch von Zeit zu Zeit ein sehr auffallendes Zähneknirschen dar. Harn und Stuhl werden im Anfange willkürlich entleert. Ebenso ist weder die Athmung, noch die Eigenwärme auf wesentliche Weise gestört.

Lebt das Thier länger als 24 Stunden, so stellt sich Durchfall und, wie es scheint, eine vermehrte Harnabsonderung ein. Es häuft sich eine gelbliche Flüssigkeit und zwar, wie die vergleichenden Sectionen lehren, zuerst in dem Zwölffingerdarme und dem Dünndarme an und schreitet von hier nach den dicken Gedärmen und dem Mastdarme fort. Das Fluidum, welches häufig auch das Duodenum bedeutend ausdehnt, dringt endlich auch in den Magen und kann sogar durch Erbrechen, das sonst fast nie bei Kaninchen beobachtet wird, in die Mundhöhle befördert werden. Diese Thatsachen erläutern die bei dem Menschen oft gemachte Erfahrung, daß Kopfverletzungen galligtes Erbrechen und Durchfall nach sich ziehen.

1598 Ist man bei einem Kaninchen an der Innenseite der linken Großhirnhemisphäre bis zur Schädelbasis vorgedrungen, so daß auch die inneren und unteren Theile des Streifen- und Sehhügels verletzt worden, so schießt bisweilen das Thier wie durch eine Gewalt getrieben gerade vorwärts. Der Schmerz und nur die Blindheit des einen Auges bedingen mithin schon dieses Symptom. Es dreht sich jedoch bald darauf von links nach rechts manegeartig und zeigt keine auffallende Abweichung in der Stellung seines Rumpfes oder seiner Extremitäten. Nur biegt sich bisweilen der Kopf dergestalt nach hinten, daß er den rechten Schenkel berührt und bewegt die Kiefer und vorzüglich die Lippen, als wenn das Thier etwas hinweglecken wollte. Diese Erscheinung wird uns erklärlicher, wenn wir uns erinnern, daß die Reizung des Anfangstheiles des Ammonshornes auf die Gesichtsmuskeln einwirkt (§. 1506). Das linke Ohr zieht sich auch dann nach hinten. Die Pupillen beider Augen aber verkleinern sich, wie gewöhnlich, durch den Einfluß hellen Lichtes. Stört man das Thier nicht, so bleibt es ruhig, wie nach der Balkendurchschneidung. Kneipt man dagegen seine Haut, so reagirt es heftiger, als ein gesundes Kaninchen und verfällt leicht in so starke Rotationsbewegungen, daß es sich tief in sein Heu eingräbt oder über einen Fuß hoch aus seinem Behälter emporgeworfen wird. Deutliche Zeichen vollständiger Hemiplegie, Anfälle von Starrkrämpfen oder Schleimrasseln stellen sich erst gegen Ende des Lebens ein. Zuletzt beschränkt sich die Empfänglichkeit für Reflexbewegungen auf ein immer kleineres Gebiet, bis endlich der Tod unter allgemeinen Convulsionen, seltener dagegen ohne diese eintritt. Die Primitivfasern und Nervenkörper können dicht an der verletzten Stelle oder selbst an einem durch die Schädelwunde vorgefallenen Theile des Gehirns unverändert erscheinen.

1599 Viele Sectionsresultate von Apoplektischen lehren deutlich, daß die Gegend der Streifen- und Sehhügel einen wesentlichen Einfluß auf die

willkürlichen Bewegungen der entgegengesetzten Körperhälfte ausübt. Denn fand z. B. eine Hemiplegie des linken Armes und Fußes Statt, so zeigen sich häufig Blutextravasate und Erweichungen im rechten Corpus striatum und Thalamus opticus, und umgekehrt. Die Annahme von Saucerotte, Serres, Foville u. A., daß die Streifenhügel vorzüglich auf die Füße, die Sehhügel auf die Arme einwirken, ließ sich bis jetzt weder durch physiologische Versuche, noch durch pathologisch-anatomische Erfahrungen definitiv erhärten. Eine von mir zufällig gemachte Erfahrung spricht sogar eher gegen als für eine solche Vermuthuug. Ich hatte eine vor wenigen Tagen geborene und noch blinde Katze durch Strychnin getödtet. Herz und Lungen waren anderer Versuche wegen unmittelbar nach dem Tode ausgeschnitten worden, und das Thier machte keine automatischen Athemzüge mehr. Nun trug ich Scheiben des Vorderlappens des großen Gehirns und der oberflächlichen Theile der Streifenhügel ab. Das Kätzchen bewegte beide Vorderbeine, nicht aber die Hinterfüße, sehr stark und zog zugleich die vorgefallene Zunge in die Mundhöhle zurück. Die kräftigen Bewegungen der Vorderfüße ließen sich noch zwei Mal durch erneuerte Abtragung von horizontalen Scheiben der Vorderlappen und der Streifenhügel wiederholen. Eben so bestätigten sich dieselben Resultate bei einem zweiten Kätzchen in der oben geschilderten Weise. Nur muß man sich hüten, automatische Bewegungen der Extremitäten, welche bei dem tiefen Athmen erfolgen, mit den erwähnten Ergebnissen zu verwechseln.

Hat man den einen Seitenventrikel eines Hundes bloßgelegt und den gestreiften Körper ausgeschnitten, so bemerkt man keinen deutlichen beständigen Unterschied zwischen den Bewegungen des Vorder- und Hinterbeines der entgegengesetzten Seite [1]). Nach Longet [2]) würden sogar die Sehhügel einen größeren Einfluß auf die Bewegungen der Extremitäten überhaupt, als die Streifenhügel ausüben. Sind nämlich die Hemisphären eines Kaninchens bis auf die Seitenventrikel entfernt worden und schneidet man selbst die Streifenhügel aus, so kann das Thier noch stehen und vorwärts laufen. Es fällt dagegen, so wie man den rechten Sehhügel zerstört, nach links um. Wurde die ganze rechte Großhirnhemisphäre eines Hundes hinweggeschnitten, so ist das Thier nach Hertwig [3]) links dergestalt gelähmt, daß es nicht von selbst aufstehen kann, macht aber, wenn ihm aufgeholfen worden, seine Kreisbewegungen und bringt auch an seinen linken Beinen die hierzu nöthigen Lagenveränderungen gehörig zu Stande.

Der Mensch scheint sich in dieser Beziehung von den Säugethieren zu unterscheiden. Ist bei ihm die Gegend des rechten Streifen- und Sehhügels erweicht oder mit Extravasaten versehen, so werden seine linken Extremitäten dergestalt gelähmt, daß er sie gar nicht bewegen oder wenigstens nichts mit seiner Hand fassen und nicht mit seinem Beine gehen kann. Er wirft das letztere im günstigsten Falle gerade oder in einem Bogen

---

[1]) C. F. Burdach Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig, 1826. 4. S. 461.

[2]) Longet a. a. O. 501.

[3]) Hertwig a. a O. p. 7.

vorwärts, schleift es am Boden und wankt, sobald er sich auf dasselbe stützen will. Mit einem Worte, er zeigt nicht jene Vollkommenheit, welche z. B. ein Hund nach der Entfernung einer ganzen Großhirnhemisphäre darbieten kann. Wenn auch der aufrechte Gang des Menschen einen wesentlichen Einfluß auf diese Erscheinungen ausübt, so deutet doch die Größe der Lähmung nicht bloß der unteren, sondern auch der oberen Extremität darauf hin, daß hier ein eigenthümliches Organisationsverhältniß des menschlichen Gehirns die Grundbedingung der Erscheinung bildet.

1600 Zerstörung eines oder beider Streifenhügel hebt weder das Sehen noch das Hören auf. Zweifelhafter bleiben die Verhältnisse des Geruchsorganes, weil die Exstirpation der Corpora striata ohne Beeinträchtigung der Fortsetzungen der Geruchsnerven an der Basis des Schädels oder im Gehirn beinahe unmöglich ist und die Thiere nach solchen Großhirnverletzungen kaum mehr zu schnüffeln den Trieb haben. Daß die ihrer Streifenhügel beraubten Kaninchen ihre Vorderbeine nach den Nasenlöchern führen, sobald man ihnen kaustischen Salmiakgeist vorhält, kann nichts beweisen. Denn hier wirkt der sensible Eindruck, und Säugethiere, denen man beide Großhirnhemisphären ausgeschnitten und bei welchen mithin von Geruch keine Rede sein kann, bieten dieselbe Erscheinung dar.

1601 Die einfache Durchschneidung eines Sehhügels ohne Exstirpation anderer Gehirntheile erzeugt eine Manegedrehung, die von der Seite der Hirnwunde nach der entgegengesetzten geht und mithin den Charakter der Faserkreuzung zu erkennen giebt. Hat man den Thalamus opticus exstirpirt, so verengert sich noch die Pupille des entgegengesetzten Bulbus, sobald ein starkes Licht ins Auge fällt. Diese Erscheinung verliert sich aber, so wie man auch die Vierhügelerhabenheiten derselben Seite abträgt. Reizung der Sehhügel bewegt die Iris nicht, während die der Vierhügel Veränderungen derselben veranlaßt. Wir würden jedoch irren, wenn wir hieraus schließen wollten, daß die Sehhügel ohne Einfluß auf die Retina seien. Denn ein Theil der Fasern des Sehnerven läßt sich bestimmt in diese Hirngebilde verfolgen. Jedoch ist es allerdings richtig, daß nur selten und gewissermaßen ausnahmsweise Blutextravasate oder Erweichungen eines Sehhügels selbst bei dem Menschen Blindheit des entgegengesetzten Auges nach sich ziehen [1]).

Dieser Widerspruch löst sich vielleicht dadurch, daß man annimmt, daß diejenigen Fasern der Netzhaut, welche die Umgebung des gelben Fleckes und überhaupt die zum Sehen geschickten Theile der Retina versorgen, vorzugsweise zu den Vierhügeln gehen und hier mit den Hauptnerven der Iris in Berührung kommen, damit sich der Stand der Pupille der Größe des Lichteindruckes des gesehenen Gegenstandes sogleich anpasse.

Wie wir schon früher sahen, streichen auch noch offenbar motorische Fasern neben und hinter dem Sehhügel zu den übrigen Theilen des großen Gehirnes. Jedoch fehlen alle genaueren Bestimmungen in dieser Beziehung. Den Einfluß des Ammonshornes auf die Gesichtsmuskeln haben wir schon früher (§. 1506) kennen gelernt. Ob es auch nach Foville's Vermuthung auf die Zunge einwirke, bleibt noch dahingestellt.

---

[1]) Vgl. C. F. Burdach vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig, 1826. 4. S. 457.

Die Entfernung der Zirbel, des Trichters und des Hirnanhanges erzeugt gar keine Folgen, die zu einem irgend bestimmten Schlusse über die Thätigkeit derselben Veranlassung geben könnten.

Wichtiger ist der Einfluß, welchen die Großhirnhemisphären auf die 1602
geistigen Thätigkeiten ausüben. Während ein Säugethier oder ein Vogel mit der allmäligen Abtragung der Hemisphären seines kleinen Gehirnes das feste Stehen, das Gehen, Umwenden, Fliegen u. dgl. verlernt, seine übrigen intelligenten Kräfte hingegen beibehält, vermindern sich die letzteren um so mehr, einen je größeren Substanzverlust die beiden Halbkugeln des großen Gehirnes erlitten haben. Oberflächliche Einschnitte in die eine Hemisphäre haben noch keinen erheblichen Erfolg bei Thieren. Tiefere Verletzungen oder die Entfernung einer größeren Scheibe, so daß das Centrum semiovale Vieussenii bloßliegt, lähmen die entgegengesetzte Körperhälfte, stören aber nicht die geistigen Fähigkeiten. Die letzteren sinken jedoch um so mehr, je mehr man von den beiden Großhirnhemisphären abgetragen hat. Säugethiere und Vögel werden nach und nach stupider, verfallen immer mehr in einen schlafsüchtigen Zustand und verlernen alle Handlungen, welche auf höheren Wahrnehmungen des Willens beruhen. Sie sitzen meistentheils ruhig, kümmern sich nicht um das, was um sie vorgeht, nehmen nicht das ihnen vorgelegte Futter, sondern verhungern eher, als daß sie von selbst fressen, und kauen nicht die Speisen, die man nur in ihren Mund gebracht hat. Will man sie daher am Leben erhalten, so muß man ihnen die Nahrung von Zeit zu Zeit so tief in den Schlund stoßen, daß sie durch die automatischen Schluckbewegungen weiter befördert werden. Ernährt man sie auf diese Weise, so kann man Hunde, denen beide Großhirnhemisphären ausgeschnitten worden, mehrere Tage, und auf gleiche Art operirte Vögel sogar Monate lang am Leben erhalten. Ein Hund erkennt dann seinen Herrn nicht mehr, findet sich nicht bewogen, Jemanden anzubellen oder zu beißen, weicht nicht einem ihn bedrohenden Streiche aus, sondern bleibt ruhig, bis ihn unmittelbare sensible oder sensuelle Reize aufregen. Sind Katzen durch die Oeffnung ihres Schädels wüthend geworden, so beruhigen sie sich nach der Abtragung ihrer Großhirnhemisphären. Maulwürfe verbergen sich nicht mehr und graben sich nicht von selbst in den Erdboden ein. Vögel haben die gleiche Somnolenz und Apathie.

Sind beide Großhirnhemisphären entfernt, so zeigen die Thiere keine 1603
abnorme Verzerrung ihrer Muskulatur. Sie können stehen, gehen, laufen, fliegen, ihren Kopf und ihre Füße nach einzelnen beliebigen Stellen hinbewegen, schreien, bellen u. dgl. Die Athembewegungen treten regelmäßig auf und verstärken sich nach äußeren Veranlassungen wie bei gesunden Geschöpfen. Urin und Stuhlgang werden zwar unzweifelhaft ohne Bewußtsein entleert, allein diese Excrete gehen nur von Zeit zu Zeit ab, so daß die Sphincteren wenigstens größtentheils ihr Recht behaupten. Legt man einen Vogel auf den Rücken, so hebt er sich gut auf. Wirft man ihn in die Luft, so kann er noch gehörige Flugbewegungen machen und schwingt sich bisweilen so lange vorwärts, bis er an die Wand oder

ein anderes Hinderniß anstößt. Häufig stehen sogar Thiere der Art nur auf einem Beine, wenden den Kopf nach dieser oder jener Seite, verbergen ihn unter ihren Flügeln, putzen diese, wenn sie durchnäßt oder schmutzig sind, durch Auf- und Niederschlagen derselben oder mittelst ihres Schnabels, u. dgl. mehr.

1604 Das Vermögen der Schmerzensempfindung ist ebenfalls nicht, so weit sich dieses an Thieren beurtheilen läßt, gänzlich aufgehoben. Hunde ohne Großhirnhemisphären schreien laut auf und wehren sich bisweilen auf das heftigste, sobald man ihren Schwanz stark zusammendrückt. Weckt man den schlafsüchtigen Vogel durch einen Hautreiz auf, so schlägt er mit den Flügeln, geht einige Schritte vorwärts oder hebt das eine Bein in die Höhe. Will man ihm den Schnabel öffnen, so wehrt er sich durch Bewegungen des Mundes oder selbst der Extremitäten. Hat er die Augen geschlossen und macht man in seiner Nähe ein Geräusch, so öffnet er die Augenlider und schließt sie, nachdem er sich dumm umgesehen, von Neuem, um in seine alte Schlafsucht zu verfallen.

1605 Die Thätigkeiten der Sinneswerkzeuge solcher Thiere sind schwerer zu ermitteln. Flourens entfernte bei einer Henne die beiden Großhirnhemisphären, ließ aber die unteren Schichten derselben, um die Geruchsnerven zu schonen, unverletzt und erhielt sie dann ein halbes Jahr durch künstliche Fütterung am Leben. Es zeigte sich zwar nach seiner Angabe keine Spur des Geruchssinnes mehr. Allein Jeder wird zugeben, daß hier ein sicheres Urtheil sehr schwierig sein muß. Setzen wir aber selbst die Richtigkeit des Resultates voraus, so beschränkt sich die Faserverbreitung des Geruchsnerven dergestalt auf das große Gehirn, daß ein solches Ergebniß kaum unerwartet kommt. Die meisten Schriftsteller nehmen an, daß ein Säugethier oder ein Vogel, dem die rechte Großhirnhemisphäre ausgeschnitten worden, auf dem linken Auge blind sei, und umgekehrt, und die Exstirpation beider Großhirnhemisphären zugleich den Verlust des Augenlichtes nach sich ziehe. Was die Säugethiere betrifft, so haben wir schon früher gesehen, daß sich Blindheit und Abtragung der Sehhügel (ohne die der Vierhügel) in keinem nothwendigen Zusammenhange befinden. Nicht minder zweifelhaft bleibt die Sache in Betreff der Vögel. Hatte Longet [1]) die Großhirnhemisphären mit Ausnahme der Sehlappen bei einer Taube entfernt, so zog sich nicht nur die Iris durch Einwirkung des Lichtes zusammen, sondern das Thier schloß auch bisweilen die Augenlider und drehte seinen Kopf auf entsprechende Weise im Kreise herum, sobald man in einiger Entfernung mit dem Kerzenlichte eine Rotationsbewegung veranstaltete. Was das Gehör betrifft, so sind Hunde, Katzen und Kaninchen ohne Großhirnhemisphären so apathisch, daß sie sich selbst nicht, wenn man in ihrer Nähe ein Pistol losgehen läßt, rühren. Eine enthirnte Taube dagegen öffnete in gleichem Falle die Augen, streckte ihren Hals aus, hob den Kopf in die Höhe, verfiel aber dann wieder in ihre frühere Stupidität und schloß von Neuem die Augenlider [2]). Goß Lon-

[1]) Longet a. a. O. Tome I. p. 648. [2]) Ebendaselbst p. 650.

get[1]) jungen Hunden oder Katzen unmittelbar nach der Exenteration der Großhirnlappen eine concentrirte Coloquinthenabkochung in den Schlund, so machten sie, gleich einem gesunden Thiere heftige Kaubewegungen, um sich der bitteren Substanz zu entledigen.

Die bisherigen Erfahrungen scheinen also anzudeuten, daß die ge- 1606
wöhnlichen Reactionen der heftigeren sensiblen und der Geschmackseindrücke bei Säugethieren und die stärkeren Gesichts- oder Gehörsperceptionen bei Vögeln selbst nach der Entfernung der Großhirnhemisphären zu Stande kommen. Diese Operation beraubt zwar das Thier seiner höheren geistigen Thätigkeiten, macht es apathisch, dumm und versenkt es in eine anhaltende Schlafsucht, aus welcher es nur stärkere äußere Einflüsse für den Augenblick wecken. Hierdurch verschwinden aber nicht alle Regungen des Widerstandes und der Fähigkeit, gewisse eigenthümliche Handlungen der sogenannten Instincte vorzunehmen. Die gehörige Coordination und Zweckmäßigkeit selbst der combinirtesten Bewegungen und die Reflexerscheinungen, welche die Thätigkeit der Sinne, wenigstens des Auges und des Geschmackes und wahrscheinlich auch des Gehöres reguliren, dauern ungestört fort, weil alle diese Functionen, wie wir schon früher sahen, von anderen Centraltheilen des Nervensystems ursprünglich beherrscht werden.

Die bisher erwähnten Thatsachen sind die einzig sicheren, die Hirn- 1607
functionen betreffenden Facta, welche die Physiologie der Psychologie anbieten kann. Es ist wahr, daß das Material noch sehr arm ausfällt. Allein wie lange wurden kosmische Systeme aufgestellt, ehe das Stillstehen der Sonne und das Gravitationsgesetz da, wo früher das Spiel der Phantasie die Hauptgrundlage der Betrachtungen bildete, Ordnung und Stabilität einführte! Der menschliche Geist bohrt Jahrtausende lang in dem dunkelen Schachte der Natur, bis es endlich gelingt, eine edle Ader zu finden. Hat er aber einmal ihren Anfang erreicht, so schreitet er sicher durch sie selbst geleitet fort. Newton öffnete diese Bahn der Mechanik und ihr mathematischer Fortschritt ist seit seinen Zeiten eine Nothwendigkeit geworden. Die Physiologie des Gehirns und die Psychologie graben noch im Dunkeln, ohne sich schon des Leitsterns, welchen die Anziehungserscheinungen für den mechanischen Theil der Naturwissenschaften bilden, zu erfreuen. Das Gleiche gilt aber auch von den chemischen Verwandtschaften der Körper, den Ernährungserscheinungen der Pflanzen und Thiere und vielen anderen Zweigen der Naturwissenschaften.

Nichts desto weniger ergeben die bisherigen, über das centrale Ner- 1608
vensystem angestellten Untersuchungen eine Reihe von Grundvorstellungen, welche auf die psychologische Auffassung des Seelenlebens von Einfluß sind.

1) Die zweckmäßige Combination der einzelnen Muskeln und Muskelgruppen, die sogenannten instinctiven Handlungen und Reactionen sind die Folge einer präštabilirten functionellen Einrichtung der Elemente des centralen Nervensystems und nicht etwa einer besonderen Thätigkeit unseres Geistes. Die Natur konnte ihm nicht diese Verhältnisse anvertrauen,

[1]) Ebendaselbst p. 652.

weil er sich gar nicht der Gründe, welche solche Verbindungen nothwendig machen, ohne besondere Ausbildung und tieferes Studium bewußt ist. Die Lehre von den Instincten darf daher nicht mehr in der Psychologie rein theoretisch behandelt werden, sondern muß in dieser Beziehung die physiologischen Data der Reflexthätigkeiten, der Functionen des verlängerten Markes, des kleinen Gehirnes u. dgl. zu Hilfe ziehen. Die nächste Aufgabe der Physiologie aber ist, dieses Gespinnst der gegenseitigen Verbindungen in dem centralen Nervensysteme mehr und mehr zu verfolgen und seine einzelnen Eigenschaften immer vollständiger zu localisiren.

2) Die höheren geistigen Thätigkeiten bedürfen nur vorzüglich der Vermittelung einer Abtheilung des centralen Nervensystems, nämlich des großen Gehirnes, und hören, sobald dieses entfernt ist, auf. Einzelne Regungen niederer Art, die wir auch im Schlafe, wie z. B. die Verbesserung der Körperstellung, das Kratzen und ähnliche Bewegungen, das Aufschrecken nach heftigen Explosionen u. dgl. vornehmen können, verbleiben noch dem Thiere, dessen Großhirnhemisphären entfernt worden. Ihre Vermittelung liegt in denjenigen Organen, welche die instinctiveren Bewegungscombinationen regeln. Dasselbe gilt von den unwillkürlichen Handlungen, die wir mit Bewußtsein oder ohne dasselbe zu Stande bringen.

3) Die bloße Auffassung der Sinneseindrücke kann wahrscheinlich ebenfalls ohne Großhirnhemisphären, ihre geistige Verarbeitung dagegen nicht ohne diese bestehen. Wenigstens fühlen und schmecken noch Säugethiere, hören und sehen die Vögel, denen die Großhirnhemisphären genommen worden, und reagiren im Allgemeinen auf diese Sinneseindrücke in ähnlicher Art wie gesunde Geschöpfe. Nur mangelt ihnen jede Thätigkeit, welche die Folge irgend einer geistigen Verarbeitung und Reaction der Sinnesempfindungen darstellt. Der einzige Sinn, der mit den Großhirnhemisphären in unmittelbarer Verbindung steht, ist der des Geruchs. Er giebt dessenungeachtet zu keinen höheren ästhetischen Verarbeitungen, wie das Gesicht in der Malerei, das Gehör in der Musik, Veranlassung, verräth dagegen seine innigere Beziehung zu den Großhirnhemisphären durch materiellere Wirkungen, wie z. B. durch die Betäubung, den Kopfschmerz, die Ohnmachten, die Geschlechtsaufregung und Wollustbegierden, die Gefühle des Ekels, das Erbrechen u. dgl., welche starke Gerüche oder selbst nur lebhafte Vorstellungen derselben veranlassen. Jedoch können auch lebhafte Erinnerungen an Geschmacks- oder selbst Gesichtseindrücken wenigstens die letzteren Wirkungen veranlassen.

4) Gleichwie die rohen Sinnesempfindungen (mit Ausnahme der des Geruchs) ohne großes Gehirn möglich sind, so kann auch umgekehrt das höhere geistige Denken bei dem Mangel der edelsten Sinneseindrücke bestehen und durch Erziehung und fortgesetzte Selbstbildung zur Erkenntniß der moralischen Wahrheiten geführt werden. Die neuere Zeit, welche solchen Unglücklichen mehr Aufmerksamkeit geschenkt, hat in blinden Taubstummen, denen selbst noch die Entwickelung des Geruchs- und zum Theil des Geschmackssinnes mangelte und die sonst ohne Pflege thierisch verkümmerten, die höhere geistige Ader geweckt und in einem merkwürdigen Grade

entwickelt [1]). Umgekehrt können die stärksten Verirrungen des Geistes bei Wahnsinnigen bestehen, ohne daß die Empfänglichkeit irgend eines Sinnesorganes vermindert ist. Dagegen findet sich Taubheit in vielen Fällen von Blödsinn oder Cretinismus, ohne daß jene nothwendig die alleinige Ursache der Geistesschwäche darstellt.

5) Kein Sinnesorgan kann die Energie eines anderen übernehmen, d. h. das Sehen vermag nur durch das Auge und den Sehnerven, das Hören bloß durch das Ohr und den Hörnerven u. dgl. Statt zu finden. Allein der gänzliche Mangel eines Sinneswerkzeuges zwingt zu einer außerordentlichen Uebung des anderen, und so kommt es, daß intelligente Blinde z. B. Dinge durch das Tasten wahrnehmen, welche wir nicht auf diesem Wege, wohl aber durch das Gesicht erkennen.

6) Obgleich die Großhirnhemisphären die Vermittler der höheren geistigen Thätigkeiten bilden, so können diese doch selbst nach einem bedeutenden Substanzverlust der ersteren fortbestehen. Einzelne Menschen verloren eine große Parthie einer Großhirnhemisphäre, ja die eine Halbkugel war fast gänzlich organisch zerstört, ohne daß ihr Denken durchaus vernichtet wurde. Man kennt sogar z. B. den Fall eines 29jährigen Mannes, der angeblich von Kindheit auf an Hemiplegie der linken Körperseite litt und dessen geistige Kräfte, wie es schien, keine Abweichung darboten, während ihm die ganzen Großhirnhemisphären mit Ausnahme der Basaltheile fehlten und selbst noch Streifen- und Sehhügel abnorm beschaffen waren [2]).

7) Während aber bedeutende einseitige Desorganisationen auf diese Weise ohne sichtlichen Nachtheil vertragen werden können, greifen in der Regel selbst minder ausgedehnte Verletzungen beider Hemisphären tiefer ein. Dieses erhärten schon die oben angeführten physiologischen Versuche. Ein Hund, dem ein Theil des Daches beider Großhirnhemisphären ausgeschnitten worden, ist stupider als einer, der einen tieferen Eingriff in eine Halbkugel erlitten hat. Was den Menschen betrifft, so zeigt sich keineswegs eine bloße ungleiche Größe beider Hirnhälften, wobei in der Regel die rechte als die kleinere erscheint [3]), mit Geistesstörungen nothwendig verbunden. Ausgedehnte Tuberkelbildungen, Vereiterungen, Ausschwitzungen oder Erweichungen beider Großhirnhemisphären dagegen sind fast immer mit Geistesstörungen, Blödsinn, Sopor u. dgl. verknüpft.

8) Viele Forscher legen auf die Verhältnisse der Windungen der Großhirnhemisphären ein großes Gewicht. Diese Gebilde sollen bei sehr geistreichen Menschen zahlreicher und auf beiden Seiten asymmetrischer sein. Es ist zwar allerdings richtig, daß sie in den verschiedenen Gehirnen in hohem Grade von einander abweichen. Allein dieser Gestaltwechsel findet sich auch an vielen inneren Theilen, vorzüglich der Seitenventrikel, wie z. B. der Vogelklaue, der Fimbrie, der Eminentia collateralis, dem

[1]) Eine analytische Zusammenstellung solcher Beobachtungen findet sich in C. F. Burdach Blicke ins Leben. Bd. III. Leipzig, 1844. 8. S. 1—102.

[2]) Longet a. a. O. Tome I. S. 669.

[3]) H. Demme über die ungleiche Größe beider Hirnhälften. Würzburg, 1831. 8. S. 121.

Ammonshorn u. dgl. Eben so wenig liegen noch bestimmte Thatsachen vor, um jene erwähnte Hypothese irgendwie zu begründen. Wir werden im Gegentheile bald sehen, daß z. B. äußerlich Cretingehirne das Ansehen von ganz gesunden Hirnen selbst rücksichtlich der Zahl und der Asymmetrie ihrer Windungen darbieten können.

9) Einflußreicher erscheinen die Theile, welche die Ventrikel des großen Gehirnes und vorzüglich die Seitenhöhlungen desselben begrenzen. Die tägliche ärztliche Erfahrung lehrt, daß die Ansammlung von Flüssigkeit in ihnen, so daß die Kammern übermäßig ausgedehnt werden, Trübung des Geistes, Blödsinn, Sopor u. dgl. hervorruft. Aehnliche Wasserergüsse finden sich bei Halbcretins und sie fehlten auch nicht bei zwei Cretingehirnen, welche ich bis jetzt aus der Guggenbühlschen Anstalt zu untersuchen Gelegenheit hatte. Die Seitenventrikel waren in beiden Fällen übermäßig ausgedehnt, so daß ein wahrer Hydrocephalus internus cerebri bestand. Das eine Gehirn, welches auch mehr einer acquirirten Blödsinnform anzugehören schien, zeigte eine ausgedehnte Zerstörung und Erweichung vorzüglich in den äußeren und hinteren Theilen der Seitenventrikel. Bei dem anderen dagegen beruhte wahrscheinlich die übermäßige Ausdehnung der Seitenhöhlen auf einer einfachen Hemmungsbildung. Denn es existirte auch in dem kleinen Gehirn ein Ventriculus cerebelli an der Stelle des Centraltheiles eines jeden Ciliarkörpers — eine Bildung, die wohl dem Embryo, nicht aber dem gesunden erwachsenen Menschen eigenthümlich ist. Die Windungen beider Großhirnhemisphären der zwei Individuen waren so zahlreich, erhaben und asymmetrisch, daß ich in dieser Hinsicht keine positiveren Unterscheidungsmerkmale selbst bei genauerem Suchen auffinden konnte. Eben so wenig zeigte sich die Zahl der Kleinhirnlamellen auffallend vermindert. Aehnliche Wasseransammlungen und Ausdehnungen der Seitenventrikel fanden auch Schiffner, Autenrieth und Laubreiß [1]) bei cretinartigen Geschöpfen.

Erinnern wir uns, daß die Großhirnhemisphären nicht bloß den Vermittler der Intelligenz bilden, sondern daß an der Basis in der Gegend des Sehhügels und des Ammonshorns die Medien der Bewegungen des Gesichtes und der Extremitäten zusammenlaufen, so erklären sich die meisten der äußeren Erscheinungen dieser Unglücklichen, der unstäte Gang, die unsicheren Bewegungen der Hände, die Schwäche der Rückenmuskeln, der thierische Gesichtsausdruck, die grinsenhafte Verzerrung bei dem Lachen und Weinen, das Schwerfällige der Zungenbewegungen, die Lähmung der Sprache, die Stumpfheit der Empfindung und der Mangel an geistiger Aufnahme der Sinneseindrücke von selbst. Ja die von dem höchsten Grade des Cretinismus oder des Blödsinnes heimgesuchten Individuen erinnern in mancher Beziehung an den Zustand eines Thieres, dem die Großhirnhemisphären genommen worden. Die nöthige Coordination der Bewegungen ist in beiden vorhanden. Allein es fehlt der Verstand, die Nah-

---

[1]) Siehe die Zusammenstellung dieser Erfahrungen bei O. Thieme Der Cretinismus, eine Monographie. Weimar, 1842. 4. S. 18. 19.

rung zum Munde zu führen. Beide müssen von fremder Hand gefüttert werden und schlingen dann so lange fort, als man ihnen Nahrung einstopft. Nur können jene kauen, was bei enthirnten Säugethieren nicht Statt findet. Der größte Schmutz ist ihnen eben so angenehm, als die reinlichste und wohlriechendste Umgebung. Verwundungen, Verbrennungen und ähnliche Eindrücke erregen weit geringere Reactionen, als bei vollsinnigen Menschen. Nur ein Trieb, der der Befriedigung der Geschlechtslust, wacht im höchsten Grade und führt nicht bloß zur Ausübung des Coitus, sondern auch zu Onanie und Manustupration der oft stark entwickelten äußeren Genitalien oder selbst zu strafbarer Gemeinschaft mit Haussäugethieren. Fruchtbare Cretinenehen gehören nicht zu den Seltenheiten.

Erstreckt sich auch der Wassererguß auf das Mittelgehirn, so erblindet der Kranke. Seine Pupille erweitert sich, bleibt starr und gegen Lichteindrücke unempfindlich, oder selbst seine Augen erhalten eine schielende Stellung. Der allgemeine Druck lähmt zugleich die Respiration, so daß die Athemzüge langsam und röchelnd werden, erzeugt Schleimbeschwerden und selbst schon bei leichterem Grade der Einwirkung Erbrechen.

10) Manche Schriftsteller nahmen an, daß der Mensch in Verhältniß zu seinem Körpergewicht das größte Gehirn besitze. Allein auch diese Hypothese ist nicht allgemein richtig, sobald man sich an die Normen des Erwachsenen hält. Die günstigste Proportion erscheint in dieser Hinsicht bei dem Neugeborenen, die ungünstigste in dem reiferen Lebensalter. Obgleich die absolute Masse des Frauengehirns im Allgemeinen kleiner als die des männlichen ist, so bleiben sich doch die relativen Zahlen in Rücksicht auf das Körpergewicht im Wesentlichen bei beiden Geschlechtern gleich. So z. B. fand Tiedemann[1]):

Alter in Jahren.	Verhältniß des Gewichtes des Gehirns zu dem des Körpers.	
	Männliches Geschlecht.	Weibliches Geschlecht.
Neugeborne	1 : 5,15 bis 1 : 6,63	1 : 6,29 bis 1 : 6,83
2 Jahre	1 : 14,58	» » » » »
3 »	1 : 18,01	» » » » »
8 »	» »	1 : 14,13
13 »	» »	1 : 17,93
15 »	1 : 24,75	» »
30—60 »	(Mittel) 1 : 41 bis 1 : 42	
30—50 »	(Mittel) » » » » »	1 : 40 bis 1 : 44.

Die Einzelwerthe für den Neugebornen, das kindliche und jugendliche Alter sind natürlich nicht so sicher als die Mittelzahlen, weil die Consti-

[1]) F. Tiedemann Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und des Orang-Outangs verglichen. Heidelberg, 1837. 4. S. 12 fgg.

tution, der Grad der Abmagerung und ähnliche Momente einen wesentlichen Einfluß auf solche Bestimmungen ausüben.

Das Hirn des neugeborenen Mädchens wiegt 9—10, das des Knaben 13—14 Unzen Nürnberger Gewichtes. Das weibliche Gehirn ist im Mittel 5 Unzen leichter als das männliche. Jenes hat durchschnittlich 3 Pfund 12 Unzen, dieses 3 Pfund 7 Unzen. Diese Hirngewichte vermindern sich aber bei angebornem Blödsinne auf eine auffallende Weise. Tiedemann[1]) erhielt z. B. in diesem Falle:

	Nürnberger Gewicht.		
	Pfund.	Unzen.	Drachmen.
10jähriges Mädchen	1	6	1
40jähriger Mann	1	11	4
50jähriger Mann	1	8	4

Mithin ergab sich bei den beiden letzteren kaum die Hälfte des normalen Mittels. Am meisten sinkt wahrscheinlich die Hirnmasse bei hohen Graden von Mikrocephalie.

Das große Gehirn des Menschen ist durchschnittlich 6 bis 7 Mal so schwer als das kleine, das verlängerte Mark mit der Brücke und den Vierhügeln und das Rückenmark zusammengenommen. Es bietet keine bloß intensiv, sondern auch eine quantitativ bedeutende Höhe seiner Ausbildung dar.

11) Die geistigen Thätigkeiten, deren materiellen Vermittler das große Gehirn vorzugsweise oder ausschließlich bildet, zerfallen rücksichtlich der Ausdehnung ihrer Wirkungen in zwei ziemlich scharf geschiedene Abtheilungen. Das ruhige Verstandesdenken beschränkt sich nur auf das Gehirn. Die übrigen Functionen des Körpers werden nicht direct durch dasselbe afficirt. Sogar die automatischen Thätigkeiten, wie z. B. Herzschlag und Athmung, gehen im Gegentheil eher gemäßigter als angeregter von Statten. Anders dagegen verhält es sich mit denjenigen Kraftäußerungen, welche wir mit dem Namen der Gemüthsbewegungen bezeichnen. Gleichwie das große Gehirn in dem kleinen, dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke eine Claviatur vorfindet, welche es nur anzuschlagen braucht, um die dem Totalganzen des Organismus und seiner Bestimmungen entsprechenden Wirkungscombinationen anzuregen, so springt die geistige Thätigkeit jener Kategorie sogleich ins Materielle über, bewegt Herz und Athmung, macht erröthen oder erblassen und hat selbst bei einzelnen Individuen noch andere Effecte auf die Verdauungs- und Harnwerkzeuge. Die kenntnißlose Auffassung der Geisteszustände versetzt unmittelbar solche Regungen in diejenigen Organe, welche auf synergischem Wege nach dem Gesetze der peripherischen Reaction in eine verstärkte Thätigkeit gerathen, und bezieht z. B.

[1]) a. a. S. 10.

den Muth auf das Herz, den Kummer auf die Lungen, den Zorn auf die Athemmuskeln oder die Nase, den Aerger auf den Magen und die Leber u. dgl. Der gegenwärtige Stand der Nervenphysiologie gestattet nicht mehr solche Vorstellungen, die übrigens auch schon an und für sich auf unvollkommenen Auffassungen beruhen.

12) Die Regungen des Geschlechtstriebes gehören in dieselbe Kategorie. Der höhere Mensch zieht diese Anschauungen in die vergeistigte Sphäre der Liebe hinüber und empfindet ideeller die Zuneigung, welche ihn mit anderen Wesen verknüpft, ohne dabei die materiellen Vorbedingungen der Erhaltung der Gattung im Auge zu haben. Wird dagegen die Begierde sinnlicher, so greifen sogleich synergische Veränderungen der äußeren Geschlechtstheile ein. Der Penis steift sich, und es bilden sich wahrscheinlich auch ähnliche Congestionen nach den weiblichen Genitalien. Daß aber die geistigen Momente, welche diese Folgen nach sich ziehen, nur eine Abart der in Nr. 11 dargestellten Erscheinungen seien, lehrt die Verwandtschaft, welche zwischen Mitleid und Wollust unter krankhaften Verhältnissen Statt findet, am deutlichsten. Es giebt Männer, welche Erectionen des Gliedes durch den Anblick einer körperlichen Infirmität bekommen, und Frauen, die sogleich, nachdem sie gerührt werden, Harn lassen müssen oder selbst vielleicht eine erhöhte Wärme und Regung in ihren Genitalien spüren. Der Hang des weiblichen Geschlechtes, sich durch erschütternde Scenen zu Gemüthsaffectionen hinreißen zu lassen, der Trieb ungezogener Kinder, Thiere zu quälen oder gar zu verstümmeln, die Neigung mancher Personen, vorzüglich von Mädchen, die an Amenorrhö leiden, Feuer anzulegen, das Bemühen Hysterischer, sich selbst zum Gegenstande des Interesses und Bedauerns zu machen und ähnliche Erscheinungen beruhen vermuthlich auf jener engen Verbindung, welche zwischen Mitleid und Wollust Statt findet.

13) Da die Eindrücke der Sinneswerkzeuge ihre höhere geistige Verarbeitung erst durch Vermittlung der Großhirnhemisphären empfangen, so können sie auch von diesen aus synergisch in Anspruch genommen werden. Wir sehen dieses am deutlichsten bei allen jenen Thätigkeiten, welche die Psychologie der Phantasie zuschreibt. Ein unbestimmter objectiver Eindruck, der das Auge oder das Ohr trifft, wird auf bewußte frühere Anschauungen bezogen und daher auch unrichtig aufgefaßt. Ein flackernder weißer Gegenstand erscheint als ein Gespenst, ein fernes Sausen als regelmäßiges Geläute u. dgl. Die Vierhügel, das verlängerte Mark arbeiten hier normal, das große Hirn dagegen krankhaft. Daher denn auch solche schiefe Anschauungen bei Wahnsinnigen, im Delirium und, wie wir später sehen werden, im Traume hervortreten. Umgekehrt erzeugen sich aber auch auf diesem Wege subjective Sinnesenergien, welche dann richtig oder falsch gedeutet werden. Diese letztere Richtung der Geistesthätigkeit kann ebenfalls im kranken wie im gesunden Zustande vorkommen. Wünschen wir z. B. einen Menschen zu sehen, so glauben wir ihn in einer fernen Person, welche nur die geringste Aehnlichkeit mit ihm in einer Beziehung darbietet, zu erkennen. Erinnern wir uns lebhaft an eine uns angenehme

Melodie, so klingt sie uns im Ohre, wenn wir sie selbst momentan zu singen außer Stande sind. Die subjective sinnliche Anschauung geht der klaren Auffassung häufig voran. Sie gehört gleichsam einem anderen Gehirngebiete, als der Befehl des Willens. In höherer Sphäre wiederholt sich das Gleiche, wenn uns z. B. ein Wort, ein Name auf der Zunge liegt, ohne daß er unserem Bewußtsein klar wird.

Hat uns eine Sinnesanschauung anhaltend gefesselt, so drückt sie sich gleichsam in den entsprechenden Centraltheilen dergestalt ab, daß sie auch ohne unseren Willen im subjectiven Gesichtsfelde zum Vorschein kommt. Hierher gehört das schon früher erwähnte Sinnengedächtniß. Ein Forscher, welcher Stunden lang denselben Stern durch sein Fernrohr oder die gleiche Flimmerbewegung durch das Mikroskop betrachtet hat, sieht diese Gegenstände noch Tage lang, sobald er die Augen schließt. Dasselbe gilt von den subjectiven Farbenbildern, welche durch Ueberreizung der Netzhaut z. B. bei der anstrengenden Betrachtung der Sonne entstehen (§. 1132). Eine Musik, die uns in hohem Grade ergriffen, hallt uns lange im Ohre wieder. Alle diese Wirkungen treten um so stärker hervor, je mehr wir uns sammeln, d. h. je weniger wir unsere Aufmerksamkeit auf andere Dinge richten, sondern uns passiv dem noch von selbst thätigen Gehirntheile hingeben.

Da aber das Fortklingen der Eindrücke mit den Stimmungsverhältnissen der entsprechenden Centralgebilde des Nervensystems zusammenhängt, so können auch umgekehrt Anschauungen der Art bei vorhandener Anlage durch unwillkürliche oder willkürliche Anregung entstehen. Hypochondristen und Hysterische, Leute mit Congestionen nach dem Kopfe leiden bisweilen an solchen sie quälenden Lichtbildern. Göthe gab an, daß er bei geschlossenen Augen ein Bild willkürlich hervorrufen konnte, es sich aber später von selbst phantastisch entfaltete und veränderte. Joh. Müller [1]) bemerkte vor dem Einschlafen viele unwillkürlich entstehende Bilder, welche er noch mit Bewußtsein verfolgen konnte. Ich selbst wurde auch häufig in meinen Knabenjahren von solchen Phänomenen gequält, habe sie aber ungefähr seit meiner Pubertätszeit gänzlich verloren.

14) Die Stimmung des großen Gehirns ändert sich durch die verschiedensten Ursachen sehr leicht und giebt dann die Wirkungen ihrer Metamorphose durch psychische, wie körperliche Erscheinungen zu erkennen. Eine starke Erschütterung, ein heftiger elektrischer Schlag lähmt auf der Stelle und tödtet sogleich oder erzeugt Betäubung, Mangel der Auffassung oder des Gedächtnisses oder Irrereden. Die einseitige mechanische Bewegung, welche durch Drehungen des ganzen Körpers oder nur des Kopfes veranlaßt wird, verursacht Schwindel, sei es, daß die Elemente des Gehirns eine Zeit lang nachschwingen (Purkinje) oder die Veränderung der Circulation den Erfolg bedingt. Der Genuß weingeistiger Getränke, narkotische Gifte und Congestionen nach dem Kopfe erzeugen wahrscheinlich auf chemischem Wege die gleichen Effecte, denen dann Irrereden, Tobsucht

---

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. II. Abth. III. Coblenz, 1840. 8. S. 565—67.

und zuletzt Sopor nachfolgt. Die psychischen Thätigkeiten sind hierbei an die delicatesten materiellen Veränderungen geknüpft. Allein auch hier zeigt sich wenigstens im Anfange ein Unterschied, welcher der in Nr. 11 erwähnten Differenz entspricht. Der Dichter, der Krieger kann sich seine Begeisterung durch den Wein, welcher den Mathematiker in seinem reinen Denken nur stören würde, erhöhen.

Gewohnheit und Uebung verändern auch hier die Folgeerscheinungen. Ein Mensch, der in seiner Jugend Bier getrunken, es aber später Jahre lang vollständig gemieden hat, wird dann leicht von kleinen Mengen desselben berauscht. Ein Weintrinker lernt durch Uebung immer mehr vertragen. Wie Manche, gerade wenn sie den ersten Anfang des Rausches haben, am besten sprechen, so richtet sich die Stimmung des centralen Nervensystemes bei Personen mit Säuferwahnsinn dergestalt ein, daß sie nur, nachdem sie wieder eine Portion geistiger Getränke zu sich genommen, zu zittern aufhören und ordentlich schreiben und zeichnen können. Haben aber die Einwirkungen solcher schädlichen Substanzen eine Zeit lang gedauert, so leidet die Intelligenz bleibend, wie am besten die Weintrinker und Opiumraucher beweisen.

Während die Stimmung des großen Gehirns die Anschauungen der Sinne modificirt, können auch diese letzteren jene erstere verändern. Der Sehende schwindelt an einem Abgrunde und geht an einem Pfade unsicher, welchen der von fester Hand geleitete Blinde sicheren Fußes betritt. Wille und Gewohnheit können die Aufregung, die sonst unvermeidlich folgt, mäßigen oder unterdrücken. Ein Mensch, der auf einem Bergpfade oder einem hohen Thurme schwindelig wird, bleibt ruhig, wenn er den festen Vorsatz, das Hinderniß zu überwinden, besitzt, oder sich der Folgen schämt. Wer eine Reise in höheren Alpengegenden unternimmt, wird von Tag zu Tag geschickter, die steilsten und gefährlichsten Wege sicheren Trittes zu überschreiten. Wie sehr auch die Gewohnheit die Art dieser Eindrücke beherrscht, zeigen einzelne Alpenführer, die kalten Blutes über Felsen gehen, von denen es kaum glaublich scheint, daß ein Mensch sie erreichen kann, die aber gleich einem Kinde zittern, sobald sie sich in einem Kahne den Fluthen eines größeren Sees anvertrauen sollen.

15) Endlich haben wir früher (§. 137) schon gesehen, daß manche rein geistige Operationen des Denkens gewisse Normen der materiellen Processe des Organismus wiederholen und auch hier vorzüglich die Gesetze der Anziehung des Analogen und des Gleichgewichtes wiederkehren. Hierauf beruhen die Erscheinungen der Ideenassociation, der Begriffs- und der Schlußbildung.

16) Die bisher gegebenen Andeutungen liefern von selbst das Urtheil, welches nach dem gegenwärtigen Stande der Physiologie über Cranioskopie und verwandte Richtungen gefällt werden kann. Mit Gall, Spurzheim und ihren Nachfolgern die materielle Ursache gewisser geistigen Anlagen in den Formen einzelner Stellen des Schädels zu suchen, widerspricht den positiven Thatsachen, welche Anatomie und Physiologie liefern. Die Oberfläche des Schädels bildet wegen der Dicke der Diploe, der Ungleichheit der

äußeren und inneren Knochenlamelle und der Einschaltung der Stirnhöhlen keinen genauen Abdruck der Oberfläche des Gehirns. Wäre aber auch dieses der Fall, so würde die Phrenologie schon deshalb in ihrem Grundprincipe fehlerhaft sein, weil wir gesehen haben, daß ein Cretin die normalsten Großhirnhemisphären mit den vollständigsten asymmetrischen Windungen haben kann, ohne daß die gewissenhafteste Untersuchung äußerlich eine Abnormität erkennt. Die Wandungen der Hirnhöhlen sind für diese Erscheinungen wichtiger und ihre Abnormitäten geben sich oft nicht an der Außenfläche des Gehirns, geschweige denn an der des Schädels zu erkennen. Anatomische Untersuchungen führen zu der Vermuthung, daß die Umgebungen des Hinterhorns und des Unterhorns bei geistvolleren Menschen vorzugsweise stark entwickelt sind. Allein gerade diese Gebilde liegen so verborgen, daß sich gar nicht über ihre Verhältnisse bei ungeöffnetem Schädel urtheilen läßt. Sprechen aber schon solche Gründe gegen das Princip der Phrenologie, so geben die unrichtigen vergleichend-anatomischen Prämissen, von denen Gall ausging, und die willkürlichen und zum Theil unlogischen Eintheilungen der Geistesvermögen, deren sich seine Anhänger heute noch bedienen, die beste Rechenschaft, weshalb nicht diejenigen, welche den Hirnbau gründlich studirt haben, sondern getäuschte oder täuschende Laien die Phrenologie auszubilden und zu verbreiten suchen. Vgl. G. H. Meyer die Phrenologie vom wissenschaftlichen Standpunkte aus beleuchtet. Tübingen, 1844. 8.

Carus [1]) versuchte in neuerer Zeit die Cranioskopie von einer wissenschaftlicheren Seite aus anzuregen. Abstrahiren wir von den hypothetischen Annahmen, daß die vordere Hirnmasse der höheren Intelligenz, die mittlere dem Gefühle und die hintere dem Willen und den Trieben diene, so geben die Studien von Carus genaue Einzelmessungen von Schädeln sehr intelligenter oder geistig sehr verkrüppelter Personen. Obgleich sich nun mit Gewißheit voraussehen läßt, daß auch diese Bemühungen zu keinen scharfen Resultaten führen werden, so wäre es doch möglich, daß einzelne Majoritätsregeln aus vielen Hunderten solcher Bestimmungen entnommen werden könnten. Je schlüpfriger aber das Terrain ist, auf dem man sich hier befindet, um so mehr muß man sich enthalten, irgend eine Deduction nach einzelnen Untersuchungen vorzeitig aufzustellen.

1609 Der Schlaf des Menschen bietet die nothwendige Erholung des Gehirns von seinen äußeren Willensthätigkeiten dar. Haben diese eine Zeit lang gedauert, so erlahmen die Kräfte, die Bewegungen werden träger, die Muskeln erschlaffen. Die Sinneseindrücke verlieren an Energie, das Auge führt zwar Bilder vor, allein sie erscheinen trüb, neblig und gestatten keine Detailschärfe. Das Gleiche gilt von den Eindrücken des Gehörs und selbst der anderen Sinneswerkzeuge. Hunger und Durst treten vor der allgemeinen Abspannung zurück. Die höhere Verarbeitung der äußeren

---

[1]) C. G. Carus System der Physiologie. Bd. III. Leipzig, 1840. 8. S. 337 fgg. Desselben Grundzüge einer neuen und wissenschaftlich begründeten Cranioskopie. Stuttgart, 1841. 8. Müller's Archiv. 1843. S. 149 fgg. C. G. Carus Atlas der Cranioscopie (Schädellehre). Heft I. Leipzig, 1843. 4.

Eindrücke schwindet immer mehr und mehr. Der Mensch z. B. verfolgt die Buchstaben und Zeilen eines Buches, in dem er liest, faßt aber den Sinn derselben nicht auf. Er hört, daß Jemand mit ihm spricht, versteht ihn jedoch nicht recht und giebt deshalb entweder gar keine oder eine allgemeine und unpassende Antwort. Mittlerweile stellt sich Gähnen und bei manchen Individuen Frösteln oder ein eigenthümliches Gefühl in der Haut des Schädels oder der Schläfen ein. Die Augendeckel fallen zu, die Augapfel rollen nach oben und innen und nehmen später in tiefem Schlafe andere Stellungen an (§. 1015). Die Muskulatur erschlafft immer mehr. Die Sprache wird undeutlicher und zitternder. Steht der Mensch, so wanken seine Kniee; seine Arme fallen herab und die Strecker des Nackens und Rückens geben dergestalt nach, daß der Kopf nach vorn überfällt und sich der Rücken krümmt. Die Umnebelung der Intelligenz nimmt immer mehr zu, bis endlich der wahre Schlaf selbst eintritt.

Alle unwillkürlichen Thätigkeiten, wie Herzschlag, Athmung, Magen- und Darmbewegungen gehen dann und zwar oft auf eine ruhigere und geregeltere Art vor sich. Die Absonderungen erleiden keine Störung. Die Combinationen der Bewegungen können ebenfalls auf zweckmäßige Weise zu Stande kommen. Der Schlafende liegt zwar ruhig und verträgt oft eine sehr unbequeme Lage. Allein er kann sie verbessern, sich wenden, den Kopf und die Extremitäten anders legen, sich an juckenden Stellen kratzen, ohne daß er erwacht. Hieraus folgt, daß das Rückenmark, das verlängerte Mark und das kleine Gehirn wenigstens einen sehr großen Theil ihrer Thätigkeiten bewahren und die Erscheinungen des Schlafes vorzugsweise die Functionen der Großhirnhemisphären verändern. Daher auch Thiere, welchen man die letzteren genommen, eine gewisse äußere Aehnlichkeit mit schlafenden Geschöpfen darbieten und wie diese eine Neigung besitzen, ihre Augenlider geschlossen zu halten. Eben so ändern sie ihre unbequeme Lage, kratzen sich, athmen in der Regel ruhig, verstärken aber ihre Respiration nach äußeren passenden Einwirkungen u. dgl. mehr.

Es ist bis jetzt unmöglich gewesen, die materiellen Veränderungen im 1610
Gehirn, welche den Schlaf bedingen, irgendwie zu erforschen. Nach den Beobachtungen von Barkow zeigen die Capillaren und Venen des Gehirns winterschlafender Thiere eine größere Blutfüllung. Ob etwas der Art bei schlafenden Menschen und Säugethieren wiederkehre und auf diesem Wege eine veränderte Stimmnng der Nervenkörper des großen Gehirns entstehe, ist noch gänzlich unbekannt.

Bieten aber auch die Großhirnhemisphären die wesentlichsten Erschei- 1611
nungen der Ruhe im Schlafe dar, so bleiben sie doch keineswegs vollkommen unthätig. Die Umnebelung des Bewußtseins hindert zwar, daß objective Eindrücke gehörig aufgefaßt und entsprechende Willensbefehle den größeren Muskelgruppen ertheilt werden. Allein hierbei fehlt nicht nothwendig eine andere mehr phantastische Selbstbeschäftigung des Geistes, die wir, wenn sie zusammenhängender wird, Traum nennen. Viele sehen schon gewisse Bilder, die sich häufig zu vollkommenen Gestalten

gruppiren, bei dem Einschlafen. Träumt der Mensch, so werden sie dann mit phantastischen Vorstellungen, die in der Regel unsinnig sind oder mindestens von den gewöhnlichen regelmäßigen Erscheinungen abweichen, verbunden.

Der Gegenstand der Traumerscheinungen wird sehr häufig durch äußere Veranlassungen angeregt. Wir liegen unbequem und träumen dieser Unbehaglichkeit wegen, daß uns ein Mensch herabstürzen, fesseln, tödten wolle. Wir berühren mit den Füßen die Bettplatte, haben uns in das Leintuch verwickelt und glauben, daß wir an den Füßen gebunden fortgeschleppt würden. Füllt sich gegen Morgen unsere Harnblase und reizt die Nerven des Penis, so daß sich dieser steift, so mischen sich leicht üppige Bilder in unsere Traumerscheinungen, so daß wir mit einer Ejaculation aufwachen. Eine andere Veranlassung bildet die Erinnerung an Personen und Handlungen, die uns vor einiger Zeit, seltener solche, die uns wenige Stunden vor dem Einschlafen beschäftigten. Sie figuriren bald in ziemlich glaubhaften, bald in ausgezeichnet thörichten und in der Wirklichkeit unmöglichen Combinationen. Der erste Anfang der Begebenheit ist richtig; sie artet aber sogleich in das krasseste Phantasiespiel aus. Wer sich anhaltend mit wissenschaftlichen Studien beschäftigt hat, wird hin und wieder finden, daß er die schwierigsten Probleme im Traume zu ermitteln glaubt. Erinnert er sich aber im Wachen der Auflösung, so erscheint sie in der Regel als Unsinn.

Die Freude und Angst, welche die Traumerscheinungen bedingen, haben ähnliche materielle Folgen wie im bewußten Zustande. Der Schlafende kann daher lachen, weinen, schreien, vor Angst schwitzen, wüthend um sich schlagen, zum Bette herausspringen u. dgl. mehr.

Die räthselhaften Zustände des Nachtwandelns deuten an, daß noch selbst im Schlafe ein zweckmäßiger Willensbefehl neben der Umnebelung der durch die Eindrücke der Außenwelt bedingten Vorstellungen bestehen kann. Im Grunde genommen findet dieses schon bei dem Soldaten, der z. B. Wache stehend oder marschirend schläft, Statt. Der Schlafwandelnde geht noch einen Schritt weiter und bewegt sich gleich einem Wachen, öffnet sich Thür und Fenster und sucht sich den geeigneten Pfad, um auf die Dächer oder zu anderen freien Punkten zu gelangen. Daß er hierbei nicht schwindelig wird, hat denselben Grund, weshalb auch der Blinde solche Störungen nicht erfährt (§. 1608. Nr. 14.), der Sehende dagegen oder der plötzlich aufgeweckte Nachtwandler von ihnen heimgesucht wird. Dagegen bedürfen die Angaben, daß manche Personen während des Schlafwandelns eine besondere Erhöhung ihrer geistigen Kräfte darbieten [1]), und der Mondschein nicht wie ein gewöhnliches Licht, dem solche Somnambulen nachgehen, wirke, einer genaueren Constatirung, bevor sie als unzweifelhafte Facta angenommen werden können.

Die verschiedenen Grade der Ohnmacht geben ebenfalls deutliche Belege für diese mannigfachen Aeußerungen der Veränderung des Gehirneinflusses. Der Mensch verliert entweder nur das Vermögen, durch seinen Willen auf seine Muskeln zu reagiren, empfindet aber noch die Sinneseindrücke mit ziemlicher Klarheit, oder auch diese schwinden, nachdem sich vorher subjective Gesichts- und Gehörserscheinungen eingestellt haben. Nur starke und plötzliche sensible Reize, wie das Bespritzen mit kaltem Wasser oder kältebildenden Flüssigkeiten, z. B. Aether, oder das Riechen an Ammoniak, Hoffmann'sche Tropfen u. dgl. wecken das schlafende Bewußtsein und machen es auch für andere Sinneseindrücke empfänglich.

---

[1]) Beispiele der Art siehe in Nudow Versuch einer Theorie des Schlafes. Königsberg, 1791. 8. S. 161 fgg.

Die Erholung des Schlafes ist um so nothwendiger, je mehr der Kör- 1612
per und der Geist durch die vorhergehende Abspannung erschöpft worden. Kinder bedürfen daher seiner eher als Erwachsene (§. 143), und Schwache häufiger als Starke. Allein auch das Gehirn selbst muß eine gewisse regelrechte Stimmung besitzen, wenn ein wahrhaft erquickender Schlaf eintreten soll. Alte Leute entbehren ihn deshalb häufig. Menschen, welche sich durch zu sehr angestrengte Studien erschöpft haben, leiden oft auf eine sehr hartnäckige Weise an Schlaflosigkeit. Manchen hilft dann das Lesen des trivialsten Romans; Anderen der Genuß eines Glases Wein, der sie zum Theil berauscht. Nervenfieberkranke, Maniatische, Menschen mit Säuferwahnsinn können den Schlaf nicht finden, und der Eintritt desselben, wenn er ruhig und sanft ist, bildet häufig das erste Kennzeichen der Besserung, während der Sopor nur das Uebel verschlimmert und häufig zum Tode führt.

Die Neigung zum Einschlafen, welche man so häufig nach dem Essen empfindet, scheint darauf zu beruhen, daß eine mit noch nicht hinreichend verarbeiteten Nahrungsstoffen geschwängerte Blutmasse das Hirn afficirt. Zugleich geht dann die Verdauung während des Liegens besser von Statten. Die Nervenspannung, welche den Coitus begleitet, macht auch bei Vielen das Bedürfniß des Schlafes dringender und den letzteren fester.

Er ist in der Regel in den ersten Stunden tiefer und nimmt später 1613
an Intensität ab, so daß dann der Mensch leichter aufgeweckt wird. Hat sich das Nervensystem gehörig erholt, so besteht das Erwachen in einer allmäligen Wiederkehr zur Auffassung äußerer Eindrücke. Während das Bewußtsein allmälig, aber ziemlich rasch zurückkommt, öffnet der Mensch die Augen, reibt dieselben, streckt und dehnt den Körper und fühlt sich zu neuer Arbeit gekräftigt. Seine Muskeln sind stärker, seine Sinne, vorzüglich seine Augen, feiner und für subjective Phänomene empfänglicher, sein Geist heller. Fand aber ein plötzlicher Uebergang aus dem schlafenden in den wachen Zustand Statt, so stellt sich leicht Kopfschmerz und Unbehaglichkeit ein.

Hat auch der Schlaf 7—8 Stunden gedauert, so meldet sich doch 1614
nicht der Hunger sogleich nach dem Erwachen. Dieses ist nur bei nervenschwachen Personen, bei Leuten mit vorangegangenen geschlechtigen Aufregungen der Fall. Dagegen erscheint der Mund trocken, mit zähem Schleime gefüllt und der Athem übelriechend. Die ausgedehnte Harnblase regt bald das Bedürfniß des Urinirens an und der schon im Schlafe eher frierende und in der Regel durch warme Bedeckung geschützte Mensch ist oft unmittelbar nach dem Erwachen gegen Kälte empfindlicher als sonst.

Specielle Physiologie.

Dritte Abtheilung.

Die Lehre von der Zeugungsthätigkeit und der Entwickelung der Functionen.

Zeugung.

Die Grundbestimmung der Zeugungsthätigkeiten ist die Erhaltung der Art oder der Zweck, Ersatzwesen für die abgelebten älteren Individuen zu schaffen, die Existenz der Species gegenüber der materiellen Vergänglichkeit der Einzelnen zu bewahren und die Zahl der Letzteren allmälig zu vergrößern. Sie bilden daher auch vegetative Functionen, die zunächst eine Reihe eigenthümlicher Ernährungsfolgen veranlassen und als Schluß derselben einen selbstständigen neuen Organismus liefern. Hat aber auch die Natur den Begattungstrieb der Thiere und des Menschen mit den höheren nervösen Lebensäußerungen inniger verknüpft und mit den feinsten sinnlichen Wollustgefühlen verbunden, so geschah dieses offenbar nur in der Absicht, um desto sicherer die Vernachlässigung einer Function, die an und für sich nur ein untergeordnetes Interesse für das organische Einzelwesen gehabt hätte, für den Schöpfungsplan hingegen eine wesentliche Bedeutung besitzt, zu verhüten. 1615

Die Zeugung des Menschen und der höheren Thiere ist an die Be- 1616
dingung geknüpft, daß zwei geschlechtig verschiedene Individuen derselben oder wenigstens verwandter Arten, männliche und weibliche Organismen, in bestimmter Weise gemeinschaftlich thätig sind. Viele niedere Geschöpfe dagegen zeigen noch eine andere eigenthümliche Modification dieser zweigeschlechtigen Generationseinrichtung. Es existiren zwar auch bei ihnen männliche und weibliche Genitalien, sind aber nicht auf zwei Individuen, wie bei uns, vertheilt, sondern finden sich in einem und demselben organischen Wesen und machen daher dieses zum Hermaphroditen. Wie dem nun auch sei, wie sehr die Größe, Gestalt und Zahl der einzelnen Parthien der Geschlechtswerkzeuge wechseln mögen, so bleiben doch die Grundelemente, welche die Zeugung zunächst bedingen, überall die gleichen. Das männliche Individuum liefert vom Räderthiere bis zu dem Menschen hinauf eine mit Spermatozoen versehene Samenflüssigkeit, das weibliche dagegen das mit einem Keimbläschen und meistentheils mit einem oder mehreren Keimflecken versehene Ei. Wo das letztere in einer Thierart vorhanden ist, fehlt auch nicht, wie man fast mit Gewißheit annehmen kann, das erstere, und umgekehrt.

Während aber immer das neue Wesen, welches seinen Ursprung einer 1617
geschlechtigen Zeugungsweise verdankt, aus einem Eie hervorgeht, besitzen viele niedere Thiere gleich den Pflanzen das Vermögen, einzelne Stücke

ihres Organismus, und nicht bloß ein bestimmtes besonderes Product ihrer Geschlechtswerkzeuge als den Keim des nachfolgenden, ihnen gleichartigen Geschöpfes herzugeben. Diese geschlechtslose Zeugung kommt entweder durch Knospenbildung oder mittelst einer natürlichen oder künstlichen Theilung zu Stande. Eine andere eigenthümliche, später noch zu betrachtende Modification der inneren Fortpflanzung bezeichnet man mit dem Namen der Innenzeugung.

1618 Die erste Erschaffung organischer Wesen bildet natürlich keinen Vorwurf der empirischen Naturforschung. Dagegen muß diese allerdings die Frage, ob noch jetzt unter unseren Augen neue Organismen durch unmittelbare Combination organischer oder unorganischer Elemente entstehen, so weit es angeht, untersuchen. Man nennt eine solche hypothetisch angenommene Generationsweise, bei welcher mithin das junge Geschöpf aus keinem ihm gleichartigen mütterlichen Organismus entstehen soll, die Urzeugung (Generatio aequivoca, heterogenea, s. inaequalis). Im Gegentheil hierzu heißt diejenige, welche auf geschlechtigem Wege oder durch Knospenbildung oder Theilung erfolgt, die gleichartige oder mütterliche Zeugung (Generatio homogenea s aequalis).

1619 Es liegt in dem Wesen des mit den starren möglichst allgemein durchgeführten Naturgesetzen weniger vertrauten Menschen, sich durch äußere Erscheinungen blenden und zur Annahme von Ausnahmsfällen verleiten zu lassen, wo die ewige Regel auf eine verstecktere, weniger unmittelbare Weise hervortritt. Die Vertheidigung solcher Hypothesen, die eben so sehr auf unvollständigen Erfahrungen, als bloßen Gefühlsanschauungen beruhen, ist dann um Vieles leichter, als der in Betreff aller Einzelfälle durchzuführende Gegenbeweis der überall wiederkehrenden Normen. Der uns hier beschäftigende Gegenstand liefert einen deutlichen Beleg dieses Satzes. Die Alten ließen nicht bloß die niedersten, sondern auch höhere Organismen, wie Insekten, Würmer und selbst Aale aus den unreinen Mischungen, in welchen sie vorkommen, entstehen. Redi schnitt aber diesen Hypothesen ein großes Feld durch den Nachweis ab, daß viele solcher Thiere ihre Eier oder Junge in faulende Substanzen absetzen, weil diese den günstigsten Mutterboden für deren Entwickelung liefern. Noch blieb jedoch die bedeutende Masse mikroskopischer Pflanzen und Thiere, welche binnen Kurzem in Aufgüssen in reichlichster Menge erscheinen, noch die Unzahl von Schmarotzern, die oft, wie z. B. die Läuse bei der Läusesucht, innerhalb weniger Tage zu vielen Tausenden an einem Menschen zum Vorschein kommen, noch das Heer der Eingeweidewürmer, welche bisweilen in den verborgensten Theilen des Körpers Platz nehmen, jener kindlichen Auffassungsweise disponibel. Die nur zum Theil geschlagene Urzeugung zog sich hier auf ein durch die Schwierigkeiten der Untersuchung verschanztes Terrain zurück, auf welchem sie erst nach und nach ihre sichere Basis ebenfalls verloren hat.

1620 Schon einzelne ältere Forscher, wie z. B. Spallanzani, bemühten sich, auf dem Wege des Experiments nachzuweisen, daß äußere Einflüsse, welche organisirte Keime zu zerstören im Stande sind, die Bildung von

Infusorien oder von niederen Organismen überhaupt unmöglich machen. Die sorgfältige Austrocknung der faulenden organischen Substanzen, die vollkommene Abhaltung der Luft und der Feuchtigkeit, das anhaltende Auskochen und der hermetische Verschluß der Lösungen oder der ausschließliche Zutritt einer Atmosphäre, in welcher vorher alle organischen Keime mittelst ätzender Substanzen, z. B. des kaustischen Kali gänzlich zerstört worden, bilden z. B., wie wir jetzt wissen, hemmende Momente der Art. Hierzu kommen noch die neueren von Ehrenberg zuerst angeregten Beobachtungen, nach denen sich die niederen organischen Wesen, wie z. B. die einfachsten Schimmel und Pilze, die polygastrischen Infusorien durch Sporen, Knospen, Theilungsbildungen u. dgl. fortpflanzen und sich auf diesem Wege binnen sehr kurzer Zeit in einer Art vervielfältigen können, wie es auf den ersten Blick kaum möglich zu sein scheint. Noch ein Räderthier, wie Hydatina senta, ist nach Ehrenberg im Stande, innerhalb 24 Stunden viele Tausend Individuen durch immer nachfolgende Generationen zu erzeugen. Hieraus erklärt sich leicht, weshalb die Einimpfung einer sehr geringen Menge eines Schimmels oder kleiner Infusorien binnen sehr kurzer Zeit eine ausgedehnte Verbreitung dieser organischen Wesen auf günstigem Mutterboden bedingt. Berücksichtigt man aber die so große Kleinheit und Leichtigkeit der Keime solcher mikroskopischer Organismen, so fällt wenigstens die Nothwendigkeit der Voraussetzung, daß hier keine mütterliche Zeugung möglich sei, selbst unter den scheinbar ungünstigsten Verhältnissen, hinweg. Die meisten Schwierigkeiten gewähren noch die unter dem Namen Gährungspilze bekannten Schimmel, welche bei den Fermentationsprocessen auftreten. Da aber keine Gährung ohne freien Zutritt der Atmosphäre Statt findet, so kann man es wenigstens als möglich annehmen, daß ihre sehr kleinen Sporen von außen her herbeigeführt werden.

Das genauere Studium der Entwickelung der Eingeweidenwürmer 1621
liefert ähnliche Ergebnisse. Wir wissen, daß sehr viele Entozoen, bevor sie ihren ausgebildeten geschlechtsreifen Zustand erlangen, eine Reihe der verschiedenartigsten Metamorphosen durchlaufen. Sie nehmen hierbei nicht selten nach und nach Gestalten an, welche an Infusionsthierchen, Filarien, Trematoden u. dgl. erinnern, und erreichen zu einer gewissen Zeit ihres Lebens ein Stadium, in welchem sie mit Waffen versehen sind, um sich durch die weicheren Gewebe des thierischen Körpers hindurchzubohren und aus ihm heraus in das umgebende Wasser, oder umgekehrt aus diesem in jenen zu gelangen. Es existiren schon jetzt nicht wenige Beispiele, in welchen man solche Geschöpfe auf ihren Wanderungen ertappte, und es unterliegt daher keinem Zweifel, daß viele Eingeweidewürmer zu einer bestimmten Periode ihrer Existenz im Freien leben und erst später wiederum in ein thierisches Wohnhaus zurückkehren. Auch ihr so sehr verborgener Aufenthalt in diesem erscheint weniger räthselhaft, wenn man bedenkt, daß man einzelne junge Entozoen, z. B. Filarien der Frösche im Blute derselben vorfand und mit ihm herumkreisen sah, mit einem Worte, die gewissenhaftesten Untersuchungen lieferten Anzeichen, daß auch hier wenigstens

in sehr vielen Fällen eine mütterliche Zeugung existirt und bloß durch eine Reihe eigenthümlicher Lebensverhältnisse verborgener als sonst bleibt.

1622 Diese Erfahrungen bestätigen am Ende aber nur dasjenige, was durch die anatomische Beobachtung angedeutet wird. Viele der höheren Entozoen führen eine außerordentliche Menge von Eiern. Ein einziger Bandwurm (Bothryocephalus latus) des Menschen z. B. enthielt nach Eschricht [1]) mehr als 10000 Glieder. Jedes derselben besitzt männliche und weibliche Geschlechtstheile, und in den letzteren mehrere Hundert Eier. Ihre Zahl stieg also in einem Thiere mindestens auf einige Millionen. Sie können unmöglich zwecklos vorhanden sein, und die natürlichste Erklärung ihrer so großen Menge besteht in der Annahme, daß die außerordentlichen Schwierigkeiten, welche sich der Entwickelung und Einnistung dieser Geschöpfe entgegensetzen, besondere Vorsichtsmaßregeln für die sichere Erhaltung der Art nothwendig machten.

Um nur einige der auffallenderen hierher gehörenden Beispiele anzuführen, so läßt sich die Wanderung der Entozoen nach außen, nach den Beobachtungen von Miescher [2]), bei einigen Seefischen, wie z. B. Trigla gurnardus, lyra, cuculus, lineata, Trachinus draco, Gadus merlangus, folgendermaßen verfolgen. Es finden sich hier zahlreiche Filarien, welche theils frei in der Bauchhöhle, theils unter dem Bauchfellüberzuge der Eingeweide und zwischen den Platten des Gekröses liegen. Manche derselben sind haufenweise in Bälgen eingeschlossen. Neben ihnen zeigen sich chrysalidenartige Körper, die dann in ihrem Innern ein anderes trematodenartiges Geschöpf enthalten. Es ist nach der Analogie der Entwickelung anderer Entozoen wahrscheinlich, daß sich die Filarien verpuppen und dann die Trematode in sich erzeugen, nach und nach aber bis auf ihre Hülle aufgezehrt werden. Später entwickelt sich in dem Hintertheile der Trematode eine Höhle, die ein neues Entozoon, einen Tetrarhynchus, enthält. Mutter- und Tochterthier haben selbstständige, von einander unabhängige Bewegungen. Jenes wird wiederum in Folge der selbstständigen Bildung des letzteren aufgezehrt. Der Tetrarhynchus erzeugt dann an seinem hinteren Ende ein bandwurmartiges Glied, wird frei, bohrt sich wahrscheinlich durch das Zwerchfell nach dem Herzen hindurch und braucht hier nur noch eine dünne Haut zu durchsetzen, um in die Kiemenhöhle und von da in das Seewasser zu gelangen. Daß dieses der Fall sei, wird noch durch das Vorkommen ähnlicher Tetrarhynchi in dem offenen Mantelsacke von Loligo sagittata unterstützt. Eben so läßt sich mit Recht annehmen, daß vermuthlich vollkommene Bandwürmer als Endresultat hervorgehen. Denn einerseits sind noch diese Tetrarhynchi mit keinen Geschlechtswerkzeugen versehen und anderseits fanden sich auch ausgebildete Exemplare von Bothryocephalus corollatus Rud. und neben ihnen ein mit einigen Bandwurmgliedern versehener und in einem Balge eingeschlossener Tetrarhynchus in dem Spiraldarme von Notidanus griseus vor.

Umgekehrt traf Eschricht [3]) in den Monaten September bis December Echinorhynchi in den Muskeln des Dorsches an und vermuthet, daß sie auf ihrer Wanderschaft in die inneren Eingeweide begriffen gewesen. Eben so fand ich [4]) in Cyprinus tinca zahlreiche größere und kleinere Exemplare von Echinorhynchus nodulosus von verschiedener Größe. Ein Theil derselben lag nur lose am Darm an; ein anderer dagegen hatte sich schon in die Darmhäute und zwar in der Richtung von außen nach innen eingebohrt. Die mikroskopische Untersuchung des Gekröses zeigte neben größeren und kleineren Kratzern zahlreiche Puppen, neben welchen lebhaft sich bewegende Filarien existirten. Ob sie

---

[1]) D. F. Eschricht Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Bothyrocephalen. Breslau und Bonn, 1840. 4. S. 144.

[2]) Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel vom August 1838 bis Juli 1840. IV. Basel, 1840. 8. S. 25—39.

[3]) a. a. O. S. 147.

[4]) Repertorium Bd. VI. 1841. 8. S. 51.

mit den Echinorhynchen in Beziehung standen, blieb unentschieden. Dieses Eindringen von außen läßt sich aber nach Steenstrup [1]) an den Eingeweidewürmern einzelner Süßwasserschnecken am deutlichsten verfolgen. Man findet nämlich sehr häufig Cercarien in dem Wasser, in welchem man Schnecken, z. B. Limnaeus stagnalis und Planorbis corneus aufbewahrt. Sie werfen später ihre Schwänze ab, bohren sich in die Haut der Thiere ein, gelangen dann, während sie sich verpuppt und in Distomen verwandelt haben, in das Innere und leben hierauf in dem Darme, den Geschlechtstheilen, den Umgebungen des Schlundringes u. dgl. mehr.

Der Frosch giebt das einfachste Beispiel für das Circuliren der Eingeweidewürmer im Blute. Während nämlich nicht selten eine große Filaria in dem Darme von Rana esculenta wohnt, findet man oft zahlreiche braune länglichrunde Körper in und an der Muskelhaut des Magens und vorzüglich des oberen Theiles des Dünndarmes. Sie sind hornige Eier oder ähnliche Gebilde, in denen häufig kleine Filarien leben. Diese verlassen dann auch nicht selten ihre Wohnung und halten sich bei manchen Fröschen in äußerst reichlicher Menge in dem Inneren der Blutgefäße, z. B. der Bindehaut des Auges, auf. Ein Mal sah ich sogar mehrere bei der Betrachtung des Kreislaufes der Schwimmhaut des Hinterfußes in den Capillaren desselben circuliren. Obgleich sie durch die Kraft des Blutstromes fortgerissen wurden, so machten sie doch noch selbstständige Bewegungen und ließen sich keineswegs so passiv wie die Blutkörperchen hintreiben.

Speciellere Detailserfahrungen über diese und ähnliche Erscheinungen finden sich in: F. J. Schmitz De vermibus in circulatione viventibus. Berolini, 1826. 8. p. 15—19. C. Th. v. Siebold in C. F. Burdach die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. II. Zweite Auflage. Leipzig, 1837. 8. S. 183 fgg. F. Miescher Beschreibung und Untersuchung des Monostoma bijugum. Basel, 1838. 4 und Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. IV. Basel, 1840. 8. S. 25 fgg. Streckeisen ebendaselbst. S. 41. D. F. Eschricht in den Verhandlungen der Leopoldinisch-Carolinischen Academie der deutschen Naturforscher und Aerzte. Bd. XIX. Suppl. II. Breslau und Bonn, 1841. 8. S. 1—152. De functionibus nervorum p. 144. Nota 1. Müller's Archiv. 1840. S. 317. und 1841. S. 435. Repertorium Bd. VI. S. 50 fgg. J. J. Steenstrup Ueber den Generationswechsel oder die Fortpflanzung und Entwickelung durch abwechselnde Generationen, eine eigenthümliche Form der Brutpflege in niederen Thierklassen. Uebersetzt von Lorenzen. Kopenhagen, 1842. 8. Gluge in Müller's Archiv. 1842. 8. S. 148. und C. Vogt ebendaselbst S. 189. Gruby und Delafosse in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Serie. Vol. VII. Paris, 1843. 8. S. 381. Ph. F. H. Klencke Ueber die Contagiosität der Eingeweidewürmer und über das physiologische und pathologische Leben der mikroskopischen Zellen nach empirischen Thatsachen. Jena, 1844. 8. Eine sehr gute Uebersicht dieser Verhältnisse giebt Henle in seiner u. Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. III. 1844. 8. S. 1—32.

Schon die bisher bekannten Thatsachen deuten darauf hin, daß viele als selbstständige Entozoen beschriebene Thiere, z. B. aus der Gattung Filaria nur auf ihrer Wanderschaft in oder aus dem Körper begriffene junge Eingeweidewürmer sind. Daß aber diese Ortsveränderungen nicht bloß behufs der Einpflanzung der Entozoen existiren, sondern auch zu ihrer Entwickelung nothwendig sein können, läßt sich aus den Verhältnissen der Bandwurmgattung Ligula entnehmen. Viele Arten derselben leben zuerst in verschiedenen Fischen, z. B. in Cyprinus blicca, brama, carassias, Cobitis taeniata, Petromyzon branchialis u. dgl. Nach den Beobachtungen von Leukart haben dann solche hier sich noch aufhaltende Thiere keine Geschlechtstheile. Sie gerathen aber, indem die Fische von den Vögeln verzehrt werden, in den Nahrungscanal von diesen, entwickeln sich hier bedeutender und bilden ihre vollkommenen Genitalien aus.

Läßt sich nun hiernach mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Eingeweidewürmer durch mütterliche Zeugung entstehen und viele sogar den Körper von Zeit zu Zeit verlassen oder umgekehrt von außen her in ihn eindringen, so kann man nicht mehr

[1]) Steenstrup über den Generationswechsel oder die Fortpflanzung und Entwickelung durch abwechselnde Generationen, eine eigenthümliche Form der Brutpflege in niederen Thierklassen. Uebersetzt von Lorenzen. Kopenhagen, 1842. 8. S. 50 fgg.

die Helminthiasis als eine bloß dyskratische Krankheit betrachten, sondern muß sie geradezu als ein Leiden ansehen, welches ursprünglich durch Einpflanzung entsteht und nur durch krankhafte Ernährungszustände des Körpers begünstigt wird. Zu gleicher Zeit lehren aber die von Eschricht[1]) und Streckeisen gemachten Studien, daß viele Eingeweidewürmer einem periodischen Wechsel unterliegen, daß z. B. die Bothryocephalen im Winter am leichtesten und bisweilen sogar von selbst ihre mit reifen Eiern gefüllten Glieder verlieren, um dann wiederum neue im nachfolgenden Frühjahre und Sommer zu bilden. Es ließe sich hiernach durch fernere Studien der Zeitpunkt der cyklischen Entwickelung solcher Thiere, zu welchem sie am leichtesten abgetrieben werden können, bestimmen.

Endlich lehren auch die oben angeführten Erfahrungen von Miescher, daß hier bisweilen der Fall vorkommt, daß sich nicht das Entozoon im Ganzen umgestaltet, sondern daß es durch ein an einer einzelnen Stelle seines Innern entstehendes neues Thier aufgezehrt wird. Wir haben hierbei das deutlichste Beispiel der sogenannten Innenzeugung. Sie bildet ein wesentlich verschiedenes Complementarstück zu den eigenthümlichen Entwickelungsarten niederer wirbelloser Thiere, wie der Polypen, Medusen u. dgl., welche Steenstrup mit dem Namen der Ammenzeugung belegt hat. Jene merkwürdigen gelben Würmer von Bojanus und das Leucochloridium paradoxum von Carus stehen auch höchst wahrscheinlich mit den Verhältnissen der Innenzeugung in Beziehung. Sie nisten gleich lebenden Geschöpfen in Schnecken, sind in ihrem Innern von Tausenden lebender Cercarien oder Trematoden erfüllt und scheinen durch diese Schmarotzer bis auf ihre Hüllen aufgezehrt worden zu sein.

1623 Die bisherigen Erfahrungen weisen also im Ganzen nach, daß die Annahme einer Urzeugung nicht nur nicht absolut nothwendig ist, sondern auch zu einem großen Theile auf der unrichtigen Beurtheilung nicht hinreichend gekannter Erfahrungen beruht. Eine genauere Erforschung derselben giebt Fingerzeige genug, daß auch hier nicht bloß ein Keim überhaupt, sondern ein solcher, der ursprünglich von einem gleichartigen mütterlichen Wesen ausging, existirt. Sind auch die Zwischenstufen der Entwickelung einander sehr unähnlich, so kehrt doch das ausgebildete Wesen zu der Form desjenigen Geschöpfes zurück, welches seinen eigenen ersten Keim gebildet hat.

1624 Männliche Geschlechtsthätigkeit. — Die Hoden des Neugeborenen und des Knaben enthalten noch keinen Samen. Erst die Pubertätszeit bringt dieses Absonderungsproduct, welches dann bis in das höchste Alter fortdauern kann, zu Stande. So wie der Mensch mannbar zu werden anfängt, vergrößern sich die Testikel im Ganzen und vorzüglich in ihren einzelnen Samenröhrchen, deren Lumina weiter werden. Es erscheinen die sogleich zu erwähnenden Zellgebilde, welche die Vorläufer der Spermatozoen darstellen, und bald zeigt sich zunächst in dem Nebenhoden und dem Samenausführungsgange wahres Sperma mit zahlreichen lebhaften Samenfäden.

Alle diese Verhältnisse lassen sich weit leichter an Thieren, die einer periodischen Brunst unterworfen sind, verfolgen. Die Volumensveränderungen der Hoden fallen z. B. bei Vögeln und Fröschen sehr in die Augen. Sie sind auch dann im Culminationspunkte ihrer Ausbildung dergestalt mit Samen gefüllt, daß er bei jedem Schnitte als weißliche halbflüssige Masse hervorquillt.

1625 Der vollkommen ausgebildete Samen charakterisirt sich vorzugsweise durch die in lebhafter Bewegung begriffenen Spermatozoen, welche in seiner Grundflüssigkeit enthalten sind. Fehlen sie, so läßt sich nach allen

[1]) a. a. O. S. 96.

bisherigen Beobachtungen annehmen, daß auch die Fähigkeit, einen fruchtbaren Beischlaf auszuüben, mangelt. Wir finden sehr häufig noch mit Samenfäden versehenen Samen bei Leuten, die an Schwindsucht, Wassersucht, Apoplexie, Typhus u. dgl. gestorben sind. Ob sie bei Rückendarre vorhanden sind, ist noch unbekannt, wiewohl auch hier ihre Anwesenheit in hohem Grade wahrscheinlich sein dürfte. Man vermißt sie dagegen, wie es scheint, bei Markschwamm des Testikels und des Samenstranges, wenn auch noch ein Theil der Hodenröhrchen unversehrt geblieben ist [1]).

Nicht selten läßt sich die individuelle Entwickelung der Spermatozoen 1626
in den keimbereitenden männlichen Genitalien eines und desselben Mannes stufenweise verfolgen. Man stößt dann bisweilen auf die unentwickeltsten Formen in den Samenröhren des Hodens, auf die ausgebildetesten dagegen in dem Nebenhoden und dem Vas deferens. Henle und Kölliker schematisiren den Gang dieser Ausbildung dahin, daß zuerst fein- oder grobkörnige Kugeln auftreten, sich später vergrößern und allmälig blasser werden. Während sich diese Mutterzelle nach und nach ausdehnt, erscheint im Anfange eine und dann mehrere Tochterkugeln. Jede von diesen enthält in der Folge nach Kölliker ein eingerolltes Spermatozoon, welches endlich frei wird, während die übrigen Gebilde verschwinden. Jedoch zeigen sich auch bei dem Menschen wie bei einzelnen Säugethieren, z. B. dem Kaninchen, dem Bären, der Maus, Zellen, die mehrere Samenfaden enthalten. Es wäre möglich, daß die ursprünglichen Mutterzellen in diesen Fällen verbleiben und nicht aufgezehrt worden sind.

Außer diesen Elementen finden sich noch im Sperma des Menschen verschiedenartige Körner, öligte Kugeln und losgelöste Epithelialgebilde der Samencanäle — Elemente, die jedoch um so sparsamer vorkommen und um so mehr gegen die Spermatozoen zurücktreten, je entwickelter das Sperma ist, und umgekehrt außerhalb der Brunstzeit der Thiere wiederum vorherrschen. Der Same enthält noch, wenn er durch den Einfluß der Luft flüssiger, als er im Anfange war, geworden, Flocken, die Henle [2]) als geronnenen Faserstoff betrachtet.

Die Bewegungen der Spermatozoen des Menschen werden vorzugs- 1627
weise durch den Kopf derselben bestimmt und zeigen als Norm, daß dieser, nicht aber der Schwanztheil vorangeht. Die Samenfaden schwingen auf- und abwärts oder pendelartig von einer Seite zur andern, drehen sich in einem vollständigen Kreise oder einem Kreisbogen, schreiten in Schlangenlinien oder abgebrochenen Bogenstücken, die nach einer Seite gerichtet sind, fort, schlagen mit dem Schwanze oder schlängeln denselben oder rotiren sich um ihre Längenachse u. dgl. mehr. Oft bleiben sie hierbei so ziemlich an demselben Orte, verändern dagegen auch häufig ih-

---

[1]) Vergl. auch R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 26.

[2]) Henle allgemeine Anatomie S. 959 u. 1032. R. Wagner a. a. O. S. 27. und dessen Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I Braunschweig, 1843. 8. S. 585—87.

[3]) a. a. O. S. 953.

ren Platz, indem sie zwar nicht rasch gleich Infusorien durch das Gesichtsfeld dahineilen, aber dennoch auffallend trotz des scheinbar Schwankenden ihrer Bewegungen in ihrer Bahn fortgehen. Nach Henle [1]) durchlaufen sie hierbei einen pariser Zoll in 7½, nach Kraemer [2]) in 9 bis 22½ Minuten. Nehmen wir daher als ungefähres Mittel $\frac{7{,}5 + 9 + 22{,}5}{3} = 13$ Minuten an, so erhalten wir eine annähernde durchschnittliche Secundengeschwindigkeit von $\frac{12}{13 \times 60} = 0{,}0154$ pariser Linien. Sie würden dann hiernach $\frac{0{,}0951}{0{,}0154} = 6{,}18$ Mal so langsam als ein durch die Flimmerbewegung der Mundschleimhaut des Frosches herumgetriebenes Körperchen (§. 603) und $\frac{0{,}2225}{0{,}0155} = 14{,}35$ Mal so träge als ein in den Capillaren des Froschfußes circulirendes Blutkörperchen (§. 368), dagegen noch $\frac{0{,}0154}{0{,}002} = 7{,}7$ Mal so geschwind, als ein Brown'sches Pigmentmolecül im Wasser fortkommen (§. 590). Es versteht sich übrigens von selbst, daß alle diese Zahlen von irgend einer absoluten Sicherheit sehr weit entfernt sind und höchstens nur zu sehr ungefähren Begriffsbildungen Veranlassung geben können. Denn sie beruhen sämmtlich bloß auf geschätzten Mittelwerthen, die jeden Augenblick variiren.

Die Bewegung der Spermatozoen erscheint oft in dem unmittelbar entleerten, zäheren menschlichen Samen träger als einige Zeit darauf, wenn die Verflüssigung desselben eingetreten. Eben so wird sie nicht selten lebhafter, sobald man das Sperma mit Wasser, Blutserum, einer flüssigen Eiweißlösung u. dgl. verdünnt. Ist der Same keinen schädlichen Einwirkungen ausgesetzt worden, so kann man schwache Regungen der Spermatozoen, wie es mir bei einem 50jährigen Manne vorkam, 84 Stunden nach dem Tode wahrnehmen. Sie verstärkten sich in einer Temperatur von 35° C., verblieben noch bei 37°,5 bis 46°,25 C., hörten größtentheils bei 56°,25 C. auf, zeigten sich nicht mehr, sobald sie nur eine Minute in dieser Wärme verweilt hatten, fehlten nach einem augenblicklichen Aufenthalte in 62°,5 C. gänzlich und verlangsamten sich bei 12°,5 C., hörten jedoch selbst nicht auf, wenn der Same von Schnee umgeben, aber nicht eingefroren war [3]).

Mineralsubstanzen, wie Phosphorsäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, eine Auflösung von arsenigter Säure im Harn, Jod, Solutionen von kaustischem oder kohlensaurem Kali, Sublimat, salpetersaurem Silberoxyd und concentrirtere Lösungen von Zucker oder Kochsalz, Pflanzensubstanzen, wie eine Lösung von reinem Opium, essig-

---

[1]) J. Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 954.

[2]) J. C. A. Kraemer Observationes microscopicae et experimenta de motu spermatozoorum. Gottingae, 1842. 8. S. 8.

[3]) Ebendaselbst p. 30.

saurem Morphin, reinem Strychnin, wässerige Blausäure, ätherisches Bittermandelöl, Terpenthinöl, Oleum camphoratum, Oleum animale Dippelii, Oleum Sinapeos aethereum, Oleum Filicis maris, Crotonöl, Mimosenschleim, Alkohol, Schwefeläther, Kreosot und Essigsäure hemmen die Bewegungen der Spermatozoen (Kraemer). Ebenso wirkten auch der Speichel oder Harn mehr oder minder schädlich ein. Dagegen verhalten sich der Saft der Vorsteherdrüse, der Schleim der Scheide, einzelne Urine, das Blut im Ganzen oder dessen Serum, die Galle, die Milch, das Hühnereiweiß, der Eiter z. B. aus einem Empyem, von Harnröhrenblenorrhö, die schleimig eiterige Absonderung der Vagina einer Syphilitischen (reines Opium oder Strychnin in Substanz), Süßmandelöl, Anisöl und Cajeputöl indifferent (Kraemer)[1]. Nach Donné[2]) können die Regungen der Spermatozoen durch einen krankhafter Weise abgesonderten sehr sauren Scheiden- oder bisweilen durch den alkalischen Uterialschleim, welcher an den Gebärmuttermundlefzen haftet, binnen kurzem aufgehoben werden. Auch der während der Schwangerschaft gelieferte Schleim scheint nach ihm nachtheilige Folgen auf die Lebendigkeit der Samenfaden auszuüben.

Die Bewegungen der Spermatozoen, die mit Ausnahme der Samenelemente der Decapoden bei allen bisher in dieser Beziehung untersuchten Thieren beobachtet worden, bilden die Hauptgrundlage der in früherer wie in neuerer Zeit besprochenen Frage, ob die Samenfaden Thiere seien oder nicht. Wenn man auch in dem Innern der des Bären, des Meerschweinchens u. dgl. bei sehr starken Vergrößerungen und unter Anwendung von Lampenlicht und einer gehörigen Beschattung rundliche Körperchen oder Bläschen wahrnimmt, so entscheiden natürlich solche Gebilde nichts, da sie der verschiedenartigsten Deutung fähig sind. Einflußreicher ist die zu verfolgende Entwickelung aus Zellen, obgleich auch sie nicht absolut gegen die thierische Natur der Spermatozoen stritte. Dagegen kommt diese mit der oben berührten Frage der Urzeugung in Collision. Wären nämlich die Samenfaden Thiere, so hätten wir hier ein sehr deutliches Beispiel, wie animalische Wesen, ohne daß ihnen ein gleichartiger mütterlicher Keim vorangegangen, vor unseren Augen zur Pubertätszeit und bei der ersten Brunst eines Thieres entstehen. Leugnet man dagegen ihre thierische Natur und betrachtet sie als bloße Gewebtheile, welche eine eigenthümliche Beweglichkeit in dem Culminationspunkte ihrer Entwickelung besitzen, so hat man ein freies Terrain für die Generatio aequivoca gewonnen. Freilich ist man dann genöthigt, ein besonderes und unerklärtes motorisches Princip dieser Gewebeelemente zu statuiren. Allein die Flimmerbewegung und selbst die Zusammenziehung der Muskelfasern und anderer contractiler Gebilde zwingt uns am Ende zu der gleichen Annahme. Jedoch findet noch der Unterschied Statt, daß die Flimmerbewegung durch narkotische Gifte keine Störung erleidet, während die Regungen der Spermatozoen des Menschen nach den Erfahrungen von Kraemer und die des Frosches nach denen von Prevost zum Stillstehen gebracht werden.

Die nähere Behandlung dieser Frage siehe in A. Koelliker Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere nebst einem Versuch über das Wesen und die Bedeutung der sogenannten Samenthiere. Berlin, 1841. 4. S. 64 fgg. J. C. A. Kraemer a. a. O. p. 46 fgg. Repertorium Bd. VII. S. 277 fgg.

Die Samenfaden erhalten noch dadurch eine Bedeutung für den Arzt, daß ihr mikroskopischer Nachweis als ein sicheres Erkennungsmittel der Anwesenheit von Sperma

---

[1]) a. a. O. p. 37—39.

[2]) Al. Donné Cours de Microscopie complémentaire des études médicales; Anatomie microscopique et Physiologie des fluides de l'économie. Paris, 1844. 8. p. 291—96.

in einem gesunden oder krankhaften Produkte dient. Man kann daher auf diese Art die Existenz einer Spermatorrhö und bisweilen auch die einer Samenfistel ermitteln. Eben so vermag das mikroskopische Studium für die gerichtliche Beurtheilung von scheinbaren Samenflecken in der Wäsche von Bedeutung zu werden. Man muß aber in allen solchen Fällen wohl im Auge behalten, daß man keine zu großen Flüssigkeitsmengen zur Untersuchung bekomme. Es ist daher z. B. sehr unzweckmäßig, wenn man den ganzen gelassenen Urin eines auf Spermatorrhö verdächtigen Menschen zur mikroskopischen Untersuchung überschickt. Setzt sich auch ein Sediment ab, so können doch die Spermatozoen, wenn sie nicht sehr zahlreich oder schon verändert sind, in der Masse des Uebrigen leicht entgehen. Da aber die unwillkürliche Samenentleerung solcher Kranken erst am Ende des Harnens erfolgt, so verfährt man hier am zweckmäßigsten, wenn man dem Menschen nach dem Vorschlage von Lallemand den Befehl ertheilt, die Mündung seiner Urethra unmittelbar nach dem Uriniren an einem Glasplättchen abzuwischen, die daran haftende Feuchtigkeit eintrocknen zu lassen oder mit einem zweiten Glase zu bedecken. Hat man Wäsche aufzuweichen, so nehme man so wenig Wasser als möglich.

Wenn die Spermatozoen absterben, so werfen sie häufig den Schwanz ab. Dieser letztere bewegt sich dann nicht und wird nicht mehr bei seiner Feinheit im isolirten Zustande entdeckt. Es ereignet sich daher häufig, daß man in Abgangsflüssigkeiten, wie dem Urin, die bloßen Köpfe allein vorfindet und nach ihnen, wo möglich, ein Urtheil über die Anwesenheit von Samen fällen muß.

1628 Der Samen wird aus den Samenröhrchen des Hodens durch das Rete vasculosum Halleri, die Vasa efferentia und die Coni vasculosi in den Nebenhoden und von hier in das Vas deferens befördert. Es ist jedoch noch unbekannt, ob dieses bloß durch die Vis a tergo der fortdauernden Absonderung oder mit Beihilfe der Contractilität der Hodencanälchen geschieht. Eben so unentschieden bleibt es, ob der Cremaster, welcher den Hoden heraufzieht und gegen die Schambeinsymphyse drückt, diese Thätigkeit wesentlich befördert. Fand längere Zeit hindurch keine Samenentleerung Statt, so tritt der Ueberschuß des Sperma in die Samenblasen und vermischt sich hier mit dem eigenthümlichen und, wie es scheint, vorzugsweise schleimigten Absonderungsproducte derselben. Hieraus erklärt sich, weshalb die Spermatozoen eben so gut in den Vesiculae seminales fehlen als vorhanden sein können. Wirkt aber ein hinreichender Hautreiz ein, so entstehen, wie wir sahen (§. 1509), energische Reflexbewegungen der Samenblasen und des Vas deferens. Beide treiben ihren Inhalt hervor, und dieser wird ohne Zweifel bei seinem Austritte, mit den Secreten der Vorsteherdrüse, der Vesicula prostatica, der Cowper'schen Drüsen und der Schleimhaut der Harnröhre vermischt. Er gelangt mit solcher Kraft nach außen, daß bisweilen sein Strahl einen oder selbst mehrere Fuß weit vom Körper zum Boden fallen kann.

Die Entleerung des Samens ist bei dem gesunden Menschen von der des Urins vollkommen abgeschlossen, so daß immer die eine ohne die andere erfolgt. Eine Ausnahme hiervon verursacht vielleicht die Ausstoßung sehr harter und reichlicher Excremente, indem diese die Samenblasen bei ihrem Durchgange durch den Mastdarm drücken und etwas Sperma durch die Mündungen am Colliculus seminalis hervorpressen. Nicht selten dagegen wird dieser gegenseitige Abschluß krankhafter Weise dergestalt gestört, daß eine Quantität Same am Ende des Urinirens unwillkürlich und ohne irgend ein Wollustgefühl hervortritt. Wir finden dieses am häufigsten bei Leuten, die in früher Jugendzeit onanirt haben, bei Menschen mit ausschweifender Lebensweise und bei Rückenmarkskranken. Solche Personen vertragen oft bedeutende Samenverluste Jahre lang ohne Schaden. Der Grund dieser Erscheinung, welche nicht selten von Laien und Aerzten übersehen wird, liegt darin, daß die Nervenaufregung, die sonst die Ejaculation begleitet, fehlt und der materielle Ab-

gang das Ganze der Organisation nicht sehr betheiligt. Wir finden daher auch in dieser Beziehung einen großen Unterschied, ob ein Mensch mit Spermatorrhö fortonanirt oder nicht. Hat er seinen Fehler gänzlich aufgegeben, so sind in der Regel seine Befürchtungen des Eintritts von Rückendarre bloße Folgen der Hypochondrie, welche solche Leute häufig heimsucht. Die krampfhafte Steifung des Gliedes, der unruhige Schlaf oder die Schlaflosigkeit, an welcher sie leiden, verstimmt sie von Zeit zu Zeit immer mehr, so daß dann ihr Hauptübel ein psychisches ist. Dauern dagegen die künstlichen Anregungen der Samenentleerungen fort, so haben ihre Klagen einen objectiveren Grund. Sie werden von Augendrücken, Amblyopie, Sinnesschwäche, Nasenschleimflüssen, Halblähmungen oder vollständigen Lähmungen, anhaltenden Schmerzen und Einschnürungsgefühlen im Kopfe, Mangel des Gedächtnisses und endlich vollkommenem Blödsinn ergriffen und gehen zuletzt an der allgemeinen Abspannung des Nervensystemes und der damit verbundenen Auszehrung zu Grunde.

Während die erste Bildung ächten, mit lebhaften Spermatozoen ver- 1629
sehenen Samens an die Pubertätszeit gebunden ist, kann die **Steifung des männlichen Gliedes** schon bei Kindern und selbst bei Neugeborenen vorkommen. Eben so erhält sie sich oft bis in das höchste Alter und tritt auch noch bei Menschen mit mißgebildeten Genitalien, wie z. B. bei Hypospadiäen, nur natürlich mit unvollständigeren Resultaten, auf. Fehlt sie bei sehr bejahrten Menschen und bei Personen, die ausschweifend gelebt haben oder an Krankheiten des centralen Nervensystemes leiden, so liegt wahrscheinlich der Grund der Erscheinung, wenn keine organischen Störungen Statt finden, in der mangelnden Innervation, die, wie wir sehen werden, eine Fundamentalbedingung der Steifung des Gliedes darstellt.

Die Erection des Penis kann, so weit sie von inneren nervösen Mo- 1630
menten abhängt, auf dreifachem Wege zu Stande kommen.

1) Durch die Anregung des centralen Nervensystemes selbst. Hierher gehören zunächst diejenigen Fälle, in welchen sie durch wollusterregende Sinnesanschauungen und Vorstellungen oder die schon früher erwähnten Mitleidsempfindungen (§. 1608) entsteht. Unmittelbare Reizungen des centralen Nervensystemes bedingen das Gleiche. Wird das Rückenmark bei dem Erhenken afficirt, so steift sich auch das männliche Glied, und selbst bei Enthaupteten kann das Gleiche oder wenigstens eine größere Anhäufung von Blut in den cavernösen Körpern in Einzelfällen zu Stande kommen.

2) Reizung der Penisnerven in ihrem Verlaufe vermag zu demselben Ziele zu führen. Wir wachen daher oft mit erigirtem Gliede auf, weil die gefüllte Harnblase die Ruthennerven drückt. Aus demselben Grunde haben sehr häufig einzelne Steinkranke Steifungen des Penis.

3) Mechanischer Anspruch der äußeren Haut desselben und vorzüglich Kitzeln der Eichel bedingt bisweilen vollkommene Erection, sehr oft dagegen eine bloß theilweise Füllung der cavernösen Körper des männlichen Gliedes. Es turgescirt in dem letzteren Falle vorzüglich an der Wurzel oder vergrößert sich selbst im Ganzen, ohne sich jedoch aufzurichten und die Härte, wie sie der vollkommenen Injection eigen ist, zu erreichen. Dieser unvollständige Zustand erhält sich dann noch, wenn selbst der Penis in die weiblichen Genitalien eingeführt und Samenerguß erzeugt wird.

Während die Steifung des Gliedes seine größte Höhe mit dem Cul- 1631
minationspuncte der Geschlechtsbegierde erreicht, fällt der Penis unmittel-

bar nach der Entleerung des Samens binnen sehr kurzer Zeit zusammen. Allein auch der ganze Proceß der Steifung kann gleich allen Nervenerscheinungen einem zeitlichen Wechsel unterliegen. Hat sie, ohne daß eine geschlechtige Befriedigung Statt findet, ihr Maximum erreicht, so sinkt das Glied zusammen, kehrt zu seinem gewöhnlichen Zustande zurück und kann dann selbst nicht mehr durch die gleichen Reize, die es früher veränderten, zur Erection gebracht werden. Sie stellt sich erst später wieder ein, um von Neuem abzunehmen. Die Wollustbegierde selbst theilt im Ganzen, jedoch nicht vollkommen entsprechend, die gleichen Schwankungen.

1632 Die Empfänglichkeit für die Erection unterliegt sehr vielen Verschiedenheiten. Abstrahiren wir selbst von den sogenannten Temperamentsunterschieden, so hat auch die Gewohnheit und der Ideengang einen sehr wesentlichen Einfluß. Die Steifung tritt z. B. bei Wollüstlingen nach Einflüssen hervor, welche den ruhigen Menschen noch nicht afficiren. Manche Personen werden in dieser Hinsicht durch Wein, Thee und ähnliche Dinge, andere durch Vanille, Canthariden, Mutterkorn sehr stark aufgeregt. Umgekehrt mäßigt die Kälte die Reizbarkeit dieser Parthien in hohem Grade und kräftigt zugleich die Genitalien, wenn ihre übergroße Empfänglichkeit als Folge einer erhöhten Nervenreizbarkeit eintritt.

1633 Daß die Erection ihrer Hauptsache nach auf einer möglichst starken Füllung der venösen Maschenräume des Penis mit Blut beruhe, erhellt schon daraus, daß sie sich künstlich an der Leiche mittelst der Blutgefäßeinspritzung nachbilden läßt. Injicirt man die Arteria dorsalis penis mit Glück, so geht die Masse durch die stärkeren Verzweigungen dieser Arterie und die feineren theils einfacheren, theils korkzieherartig gedrehten Schlagadern, welche zwischen den Wänden und in den Bälkchen des Fächergewebes verlaufen, in die venösen Maschenräume über, vermischt sich mit dem in ihnen enthaltenen Blute und bewirkt eine bedeutende Volumensveränderung des Penis. Ist der Abfluß der Venen durch künstlichen Druck oder eine umgelegte Ligatur verschlossen oder selbst nur seinem größeren Theile nach verhindert, so erhält man eine Anschwellung, Steifung und Aufrichtung des Gliedes, welche den natürlichen Verhältnissen nur wenig oder vielleicht selbst gar nichts nachgiebt. Man kann zu diesem Ziele noch einfacher gelangen, wenn man die Canüle der Injectionsspritze unmittelbar in einen venösen Maschenraum einsetzt und die Arterien ganz unberücksichtigt läßt. Dieses bekräftigt die schon aus den Structurverhältnissen von selbst erhellende Thatsache, daß die Schlagadern nur die größere Masse Blutes zuführen, der wesentliche Theil des Erectionsprocesses dagegen durch den Inhalt der venösen Maschenräume veranlaßt wird.

1634 Die Steifung beruht daher auf keinem neuen Processe, sondern auf einer bloß quantitativen Erhöhung und einer eigenthümlichen Modification der Kreislaufsverhältnisse des Gliedes. Die beiden cavernösen Körper des Penis empfangen vorzugsweise ihr Schlagaderblut von der A. profunda penis und der A. dorsalis penis, der A. pudenda, das Corpus cavernosum der Eichel von den Arteriae dorsales penis, deren Zweige

mit denen der A. A. profundae und der A. A. bulbo-urethrales anastomosiren, das der Harnröhre von denen der A. A. bulbo-urethrales, die wiederum mit den der A. A. dorsales und profundae penis in Verbindung stehen, und endlich das des paarigen, durch eine Scheidewand in zwei seitliche Halbkugeln gesonderten Schwellkörpers des Bulbus urethrae von den zwei A. A. bulbosae und den beiden A. A. bulbo-urethrales (Kobelt)[1]. Die venösen Abzugscanäle der verschiedenen Fächergewebe bestehen in den Venae dorsales penis und accessorischen Venennetzen, welche mit den Plexus pudendalis, prostaticus, vesicalis, haemorrhoidalis und dem Inguinal- und Bauchvenen der benachbarten Haut in Verbindung stehen. Sie verlaufen theils an der freien Oberfläche der mannichfachen cavernösen Körper, theils im Innern derselben, theils endlich zwischen den Corporibus cavernosis penis und urethrae, welche sie zum Theil mit einander verbinden[2] und tragen meist den Character von Wundernetzen, der durch ihre zahlreichen Anastomosen bedingt wird, an sich. Denken wir uns diese Bildung noch mehr concentrirt und bis zur gegenseitigen Vereinigung der Lumina zurückgeführt, so erhalten wir jenes Fächergewebe, wie es in dem Innern der cavernösen Körper vorkommt. Die venösen Räume herrschen dann dergestalt vor, daß zuletzt alle anderen Elemente, wie Arterien, faserige Hüllen, Sehnenfaden und muskulöse Fasern nur zwischen den Venenbegrenzungen Platz finden und mit ihnen als kleine Scheidewände oder durchsetzende Bälkchen erscheinen.

Die feineren Verzweigungen der Arterien sind ebenfalls auf eine den 1635
Verhältnissen der Schwellung entsprechende Weise eingerichtet. Während sie sich nämlich in den dünneren Scheidewänden und Balken befinden, gehen sehr viele von ihnen nicht gerade, sondern korkzieherartig gewunden, laufen aber continuirlich fort und bilden hierbei weder blinde Ranken, noch Divertikel. Denn diese mit ihren sogenannten Arteriae helicinae sind wenigstens nach meinen Erfahrungen bloße Kunstproducte, welche durch das Zerreißen der feineren Bälkchen bei dem Zerschneiden entstehen[3]. Die schraubenförmige Einrollung der Schlagadern verleiht diesen den Vortheil, der bei der Erection Statt findenden Ausdehnung nachzugeben, sich gleichsam aufzuwickeln und auf solche Art an Länge zu gewinnen. Wir finden z. B. die gleiche Einrichtung an manchen anderen Organen, die entweder selbst einer bedeutenden Volumensveränderung fähig sind oder schnelle Wachsthumsmetamorphosen erleiden. Aus diesem Grunde sind z. B. die Schlagadern der Gebärmutter oder die Carotiden junger Rindsembryonen wellig gebogen.

So wie die Steifung beginnt, wird der Austritt des Blutes aus den 1636

[1] G. L. Kobelt Die männlichen und weiblichen Wollust-Organe untersucht und dargestellt. Freiburg im Breisgau, 1844. 4. S. 5. 10. 14 u. 28.

[2] Kobelt a. a. O. S. 4, 9, 14 u. 27.

[3] Vgl. über diese Streitfrage Müller's Archiv. 1835. S. 202. 1838. S. 182. Henle allgemeine Anatomie. S. 486. E. Huschke Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Leipzig, 1844. S. 427 und 925. Repertorium. Bd. I. S. 72. IV. 132 u. VI. 131.

Maschenräumen der verschiedenen cavernösen Körper wenn auch nicht aufgehoben, doch wenigstens in hohem Grade gehindert. Die Art und Weise, wie dieser Verschluß Statt finde, ist bis jetzt noch nicht sicher ermittelt. Sollten auch die Musculi ischio-cavernosi die Rückenvene zusammendrücken können, so treten sie einerseits sicher nicht schon am Anfange der Erection in Thätigkeit und können anderseits nicht auf alle Venen des Gliedes einwirken. Die Arterien klopfen, wie man bei dem Hunde am deutlichsten sieht (Hausmann), mit vermehrter Heftigkeit. Die venösen Maschenräume des Penis füllen sich mit mehr Blut, so daß er sich allmälig von der Wurzel aus nach der Eichel hin vergrößert. Die einfachen Muskelfasern, welche in den Wandungen und Balken der Maschen verlaufen, können möglicher Weise die zur Blutaufnahme bestimmten Räume durch ihre Zusammenziehung vergrößern. Indem aber der theilweise Verschluß der Venenausgänge und die offene Zuströmung von den Schlagadern aus fortdauert, überwindet das Blut einen Theil des Widerstandes, welcher durch die Sehnenhülle der Corpora cavernosa penis und die Umgebungen der übrigen cavernösen Körper bedingt wird. Das Glied füllt sich immer mehr und mehr, wird steif und hart und richtet sich auf. Diese seine Stellung kann vielleicht zuletzt noch durch die Ischio-cavernosi unterstützt werden. Der Erector penis dagegen kommt bei dem Menschen nur sehr selten vor und ist meist, selbst wenn er existirt, so schwach, daß er gewiß eine nur geringe Hebung und Fixirung des Gliedes zu bewirken vermag. Es stellt sich ein immer größeres Gefühl von Spannung ein. Die Wollustbegierde nimmt zu und erreicht ihren Culminationspunkt mit der größten Härte des Penis. Wird sie befriedigt, so hört auch die Nervenspannung, nachdem die Samenentleerung vollbracht worden, auf. Die Venenausgänge öffnen sich, während zugleich die einfachen Muskelfasern, die in den Wänden und Bälkchen enthalten sind, erschlaffen. Die Sehnenfasern, die neben ihnen existiren, so wie die bisher stark ausgedehnten Hüllen, vorzüglich die der Corpora cavernosa penis springen elastisch zurück, drücken kräftig auf das jetzt dem freien Rückgange anheimgestellte Blut und bedingen die Entleerung jeder überschüssigen Menge desselben. Dieser Mechanismus erläutert uns, weshalb die Steifung des Gliedes immer nur allmälig eintritt, die nach dem Samenergusse Statt findende Rückkehr zum Normalverhältnisse dagegen binnen wenigen Augenblicken zu Stande kommt. Wird aber die Wollustbegierde nicht befriedigt, so schwindet auch die Nervenaufregung und mit ihr die Erection auf eine mehr allmälig eintretende Weise.

1637 Die cavernösen Körper, welche die Harnröhre umgeben, bedingen noch einen eigenen Mechanismus [1]). Die Eichel nämlich bildet wiederum als Endtheil des Gliedes diejenige Parthie, welche den Sitz der höchsten Wollustempfindung darstellt. Ihre Friction ruft dieses Gefühl am meisten hervor und veranlaßt vor Allem die Ejaculation des Samens. Es war daher vorzugsweise nothwendig, daß sie in dem Momente der größten

---

[1]) Huschke a. a. O. S. 444. Kobelt a. a. O. S. 17 fgg.

Steifung möglichst stark gefüllt und durch immer erneuerten Blutzufluß in fortwährend sich steigernder Spannung erhalten werde. Sie erreicht deshalb auch erst das Maximum ihrer Entfaltung und Ausdehnung während des Coitus oder unmittelbar vor der Samenentleerung. So wie nämlich dann die sensiblen Nerven derselben gereizt werden, ziehen sich die Bulbo-cavernosi stoßweise zusammen, drücken auf die cavernösen Körper der Zwiebel, treiben ihr Blut durch das Corpus cavernosum urethrae und schwellen die Eichel um so mehr an. Damit aber dieses desto sicherer zu Stande komme, drückt der vordere Theil des Bulbo-cavernosus, der von Kobelt sogenannte Constrictor radicis penis, die Vena dorsalis penis und der obere Rand des Compressor hemisphaerium bulbi die Venae bulbosae zusammen. Dieser Vorgang läßt sich nach Kobelt[1]) an strangulirten Hunden, sobald nur ihre Glans turgescirt, künstlich hervorrufen und nach Bloßlegung des Bulbo-cavernosus unmittelbar beobachten. Der Ischio-cavernosus verkürzt sich dann ebenfalls, während beide Muskeln auf die Reibung der erschlafften Eichel nicht reagiren[2]), dagegen in jedem Zustande des Gliedes willkürlich in Thätigkeit gesetzt werden können. Die Zuckungen lassen sich übrigens bei dem Menschen wie dem Hunde, während des Stadiums der größten Aufregung, an der Hinterseite der Wurzel des Gliedes durchfühlen.

Injicirt man den cavernösen Körper der Harnröhre, so öffnet sich das Lumen der letzteren vollständiger. Es läßt sich daher auch eine ähnliche Wirkung bei der Erection voraussetzen, so daß hierdurch der Austritt des Samens erleichtert werden müßte. Eine andere dasselbe bezweckende Einrichtung findet sich nach Kobelt[3]) über dem Schnepfenkopfe. Ein Theil des Venengewebes des Bulbus urethrae nämlich zieht sich noch nach oben zwischen der Schleim- und Muskelhaut der Urethra hin und setzt sich durch den Prostatatheil bis in den Blasenhals fort. Durch ihn schwillt dann auch der Schnepfenkopf an, füllt die Pars prostatica aus, schneidet den Zugang zur Blase, die ohnedies durch ihren Sphincter verschlossen ist, ab, erleichtert den Austritt des Samens durch die Harnröhre und bedingt vielleicht die bekannte Erscheinung, daß das Harnlassen bei vollständiger Erection fast unmöglich ist. 1638

Wenn der Katheter, den wir bei Krankheiten der Harnwerkzeuge einführen, in der Gegend des Schnepfenkopfes einen Widerstand findet und in Folge dessen Blutungen entstehen, so können diese möglicher Weise von den eben erwähnten Venengeflechten herrühren. Eben so kann sich auch das Instrument in die Vesicula prostatica verirren und durch das blinde Ende derselben aufgehalten werden.

Die an Pferden angestellten Versuche von Günther[4]) lehrten, daß die Integrität der Ruthennerven einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Zustandekommen der Begattungslust ausübt. Wurden sie bei einem feurigen Hengste durchschnitten, so hörte alle Neigung zu rossigen Stuten auf. Das Thier hatte die Empfindung und die willkürliche Bewegung seines 1639

---

[1]) a. a. O. S. 19. [2]) Kobelt a. a. O. S. 36. [3]) a. a. O. S. 13.
[4]) J. H. Fr. Günther Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneikunde. Erste Lieferung. Hannover, 1837. 8. S. 64 fgg.

Gliedes verloren. Der vordere Theil desselben und besonders die Eichel füllte sich aber mit mehr Blut, so daß der Penis zum Theil aus seinem Schlauche vorfiel. Die letzteren Erscheinungen traten auch so sehr als möglich bei einem Wallachen, der auf gleiche Art operirt worden, hervor. Unterbindung der Ruthenschlagadern störte die Neigung zu Stuten nicht. Allein sie hörte wiederum, da eine vollkommene Steifung unmöglich wurde, nach dem Culminationspunkte der Aufregung auf.

Das Verschwinden der Geschlechtslust nach der Trennung der Penisnerven tritt bei Thieren in höherem Maaße als nach der Castration hervor. Denn Wallache können noch bei Aufregungen oder in krankhaften Zuständen eine theilweise Erection bekommen und sich, wie es scheint, durch Friction ihres Gliedes Wollustgefühle bereiten. Eben so machen bisweilen Castraten Onanieversuche. Menschen dagegen, denen mehr als die Hälfte des Penis amputirt worden, können noch von den heftigsten Wollustbegierden heimgesucht werden.

1640 Vergleichen wir diese Thatsachen mit denen, welche wir rücksichtlich der Tastempfindlichkeit und der Nervenverhältnisse des Gliedes kennen gelernt haben, so ergiebt sich als Endschluß, daß erst die active Congestion, welche eine theilweise oder vollständige Steifung begleitet, die Nerven des Penis dergestalt stimmt, daß die Friction der Eichel die höchste Wollustempfindung nebst ihren Nebenerscheinungen durch die Mitwirkung der Centraltheile des Nervensystemes veranlaßt. Diese Anschauung erklärt uns dann, weshalb z. B. das heftige Kratzen mancher Hautausschläge ähnliche angenehme Gefühle hervorzurufen im Stande ist.

1641 Weibliche Geschlechtsthätigkeit. — Lassen sich auch die Eierstöcke mit Recht mit den Hoden vergleichen, so giebt sich doch zwischen beiden, wenn wir die zeitlichen Verhältnisse der von ihnen gelieferten Befruchtungsstoffe ins Auge fassen, ein wesentlicher Unterschied zu erkennen. Der vollständige mit lebenden Spermatozoen versehene Same tritt erst, wie wir sahen, zur Pubertätszeit des Menschen auf und fehlt auch demgemäß bei sehr jungen Säugethieren. Ist er aber einmal vorhanden, so bindet sich seine Erscheinung und Ausleerung an keine bestimmte Zeitperiode. Der Mann besitzt dann die Fähigkeit, jeden Tag regelrechtes Sperma zu entleeren und die Befruchtung zu veranlassen. Anders dagegen verhält sich der Eierstock. Seine Follikel mit den in ihnen enthaltenen mikroskopisch kleinen Eichen lassen sich schon bei Neugeborenen (Carus) und selbst in Früchten beobachten. Ob sie nun die Kinderjahre hindurch unthätig bleiben oder nach und nach vergehen, um neuen Platz zu machen, steht dahin. Allein später zu erwähnende Thatsachen weisen deutlich darauf hin, daß ihr Austritt aus dem Ovarium von keinen äußeren Veranlassungen abhängt und daher auch nicht gleich dem des Samens zu jeder beliebigen Zeit erfolgen kann, sondern an eine bestimmte Veränderung der Geschlechtstheile, welche von Zeit zu Zeit von selbst eintritt, gebunden ist. Wir nennen aber diesen Proceß, der endlich von dem selbstständigen Austritte der Eier aus den Follikeln begleitet wird, die Regeln des menschlichen Weibes oder die Brunst der Thiere.

Die Regeln, die Periode oder monatliche Reinigung, die Menstruation, die Katamenien oder die Menses charakterisiren sich äußerlich durch einen periodischen, aus den Geschlechtstheilen der reifen Frau Statt findenden Blutabgang. Ihr Eintritt bezeichnet die Geschlechtsreife des Weibes, die Zeit, wo die Zeugungsfähigkeit beginnt, während umgekehrt ihr Ausbleiben in späteren Jahren, die Rückbildung der Periode, die Epoche andeutet, in welcher die Möglichkeit, noch Mutter zu werden, aufhört. Nur ausnahmsweise findet sich der Fall, daß schon kleine Kinder periodische Blutabgänge darbieten oder diese bei sehr alten Frauen, die seit vielen Jahren keine Regeln mehr hatten, von Neuem eintreten. Jedoch ist in allen solchen Fällen möglichst genau zu prüfen, ob nicht ein krankhafter Blutfluß der Gebärmutter den bloßen Anschein einer regelmäßig zu Stande kommenden Periode annimmt. 1642

Vollkommen gesunde Frauen haben keine besonderen Beschwerden vor dem Eintritte ihrer Regeln. Erst der Blutabgang aus der Scheide macht sie auf das Erscheinen ihrer Periode aufmerksam und überrascht sie oft, da die Katamenien häufig des Nachts beginnen, Morgens bei dem Aufstehen. Manche von ihnen bieten höchstens ein vermehrtes Gefühl von Wärme in den Geschlechtswerkzeugen als den Ausdruck des stärkeren Blutzuflusses zu ihnen, einen schleimigten Abgang aus der Scheide, Ziehen und Spannen in dem Becken oder den Lenden, Brennen bei dem Harnlassen, allgemeine Mattigkeit, Schwäche in den Schenkeln, Blässe des Gesichtes, blaue Ringe um die Augen, Mangel an Appetit, Uebelkeiten, Unmuth und geistige Reizbarkeit, seltener dagegen fieberhafte Aufregungen dar. Nur krankhafter Weise leiden sie dann an heftigen Koliken, starken Lendenschmerzen, Eingenommenheit des Kopfes, Neuralgien einzelner Nerven, Stechen in den Brüsten, Erbrechen, Frostanfällen u. dgl., die erst mit dem reichlichen Abgange von Blut aufhören. Die meisten Frauen haben in dieser Anfangsepoche ihrer Menstruation eine Abneigung vor dem männlichen Geschlechte und einzelnen ist die Ausdünstung von Männern in hohem Grade zuwider, während auch viele andere selbst außerhalb der Zeit ihrer Katamenien die Atmosphäre eines Zimmers, in dem viele Männer versammelt waren, zu vermeiden suchen. Das Menstrualblut selbst verbreitet oft einen eigenthümlichen Geruch, der einzelnen Menschen sogleich auffällt.

Die Blutzufuhr zu den Eierstöcken, den Falloxischen Röhren, der 1643
Gebärmutter und der Scheide nimmt immer mehr zu. Der Uterus steigt nach manchen Forschern tiefer in das kleine Becken herab; sein Mund erhält eine rundlichere Gestalt; seine Lefzen schwellen mehr auf, werden weicher und ungleich, weil sich angeblich die hintere etwas verlängert. Das Blut kommt aus dem angeschwollenen Uterus hervor und fließt, da es im Normalzustande ganz flüssig oder höchstens mit wenigen festen Theilen vermischt ist, zur Scheide heraus. Die Art und Weise aber, wie es abgesondert wird, ob durch Zerreißung einzelner Gefäße oder mittelst bloßer Durchschwitzung, ist noch nicht hinreichend bekannt. Es läßt sich jedoch theoretisch mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, daß dieser nor-

male Proceß wenigstens seinem größeren Theile nach auf einer bloßen Transsudation und Aussonderung beruht. Eben so wenig weiß man, ob eigenthümliche Bewegungen der Gebärmutter den Hergang unterstützen (Casper) oder nicht. Das Flimmerepithelium der Uterusschleimhaut geht auf diesem Wege zu Grunde, stellt sich aber später von Neuem her.

1644 Neigt sich die Menstruation dem Stadium ihrer Abnahme, so vermindert sich der Ausfluß des Blutes, und dieses selbst nimmt eine immer blassere Färbung an. Es wird Anfangs wässriger, erhält dann immer mehr die Farbe von Fleischwasser, erscheint zuletzt nur röthlich und geht endlich in ein Secret über, welches sehr wenig oder gar keinen Blutfarbenstoff und viel Schleim enthält. Es hat daher in dem letzteren Falle eine etwas zähere Consistenz und nähert sich dem Absonderungsprodukte, welches auch auf anderen Schleimhäuten nach Reizung derselben vorkommt. Sein Reichthum an Salzen bedingt es wahrscheinlich, daß manche Frauen Beschwerden im Schooß beim Gehen wegen der schwachen Anätzung der Geschlechtstheile empfinden. Nach und nach verschwindet auch diese letzte Spur der Regeln und Alles kehrt zum Normalzustande wieder, oder es bleibt höchstens eine vermehrte Schleimabsonderung der Scheide zurück.

So wie sich die Periode zurückbildet, fühlt sich die Frau nicht nur wohler, wird heiterer und sieht besser aus, sondern hat auch eine größere Neigung zur Annäherung des Mannes. Die letztere dauert dann noch eine Reihe von Tagen nach dem Aufhören der Regeln fort.

1645 Die normalen Katamenien führen zwar Blutkörperchen, jedoch in geringerer Menge als das gesunde Blut, von dem sie sich hierdurch, so wie durch ihre geringere Gerinnbarkeit unterscheiden. Die Ursache der letzteren Erscheinung wurde von älteren Forschern in dem sparsameren Gehalte an Faserstoff, von neueren, wie Retzius, in der Anwesenheit bedeutenderer Mengen von Phosphor- oder Milchsäure und von Anderen, wie Raciborski[1]), in der Beimischung von Schleim gesucht. Die letztere Ansicht hat das gegen sich, daß wir keine Zeichen einer vermehrten Schleimabsonderung in der Gebärmutter wahrnehmen, das in dieser aber schon enthaltene Blut weniger geronnen erscheint. Denis fand in ihm 82,50 % Wasser, 0,05 Faserstoff, 6,34 Hämatosine, 4,53 Schleim, 4,83 Eiweiß, 0,05 Eisenoxyd, 0,39 phosphorhaltiges Fett, 0,11 Osmazom, 0,11 Cruorin und 1,20 Salze. Die Blutkörperchen und andere mechanisch suspendirte Theile betrugen 10,90 %, die aufgelösten Substanzen dagegen 6,58 %.

Die Menge des Menstrualblutes wechselt natürlich bedeutend und läßt sich auch auf keine ganz exacte Weise ermitteln. Sie wird durchschnittlich zu 5 Unzen angenommen[2]).

1646 Die normalen Regeln kehren meistentheils nach 28 Tagen von dem ersten Tage ihres Eintrittes an gerechnet wieder. Jedoch bieten auch sehr

---

[1]) M. A. Raciborski de la puberté et de l'age critique chez la femme, au point de vue physiologique, hygiènique et médical et de la ponte périodique chez la femme et les mammifères. Paris, 1844. p. 447.

[2]) C. H. Burdach die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. II. Zweite Auflage. Leipzig, 1835. 8. S. 247.

viele Frauen Abweichungen von dieser Norm dar, indem manche erst ungefähr alle sechs Wochen, andere dagegen schon nach je acht Tagen menstruiren. Sind aber die Zeitabschnitte der Ruhe noch kleiner, so entsteht der sehr gegründete Verdacht, daß man es mit einem krankhaften Blutflusse und keinen wahren Katemenien zu thun habe.

Eben so sehr wechselt die Dauer einer einzelnen Menstruation so- 1646
wohl bei einem und demselben Individuum als bei verschiedenen Frauen. Man kann 4 bis 6 Tage als allgemeinen ungefähren Durchschnittswerth ansehen. Wir finden jedoch auch nur 2 bis 3 und anderseits 7 bis 8 Tage bei sonst gesunden Individuen. Es können selbst auf diese Art die Zwischenzeiten verhältnißmäßig sehr kurz ausfallen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die durchschnittliche Zeitdauer, welche jedes Mal zwischen dem Eintritte der ersten und der zweiten Menstruation liegt, mit derjenigen Zeit, die der Mond zu einer elliptischen Bewegung um die Erde braucht, sehr nahe zusammenfällt. Die letztere oder die sogenannte anomalistische Periode beträgt 27,56 Tage. Brierre de Boismont erhielt als Mittelwerth der Katamenienperiode von 4 Frauen, an welchen 22 Beobachtungen angestellt worden, 27,8 und Schweig als solchen von 60 Individuen mit 500 Erfahrungen 27,39 Tage. Die Untersuchungen des letzteren Forschers zeigen auch, daß dieser oder ein sich ihm annähernder Zeitabschnitt für die bei Weitem größere Mehrzahl der Beobachtungen gilt und Fälle, in welchen die Reinigung in weniger als 20 und mehr als 35 Tagen wiederkehren, zu den selteneren Ausnahmen gehören. Es fanden sich nämlich folgende Gruppen in seinen 500 Einzelbeobachtungen:

Wiederkehr der Regeln nach	Zahl der Fälle.	Wiederkehr der Regeln nach	Zahl der Fälle.	Wiederkehr der Regeln nach	Zahl der Fälle.
8 Tagen	1	21 Tagen	11	32 Tagen	14
9 »	1	22 »	9	33 »	15
10 »	1	23 »	19	34 »	16
11 »	3	24 »	29	35 »	11
12 »	1	25 »	36	36 »	3
14 »	2	26 »	56	37 »	3
15 »	4	27 »	62	38 »	5
16 »	1	28 »	73	39 »	4
17 »	1	29 »	39	40 »	2
18 »	1	30 »	28	42 »	1
19 »	7	31 »	28	44 »	2
20 »	11				

Eben so lassen sich manche kürzere oder längere Menstruationszeiträume auf Bruchtheile von Mondsumläufen reduciren. Da es jedoch nicht bei allen der Fall ist, so kann man wenigstens bis jetzt keine durchgreifende Coincidenz anerkennen. Fände dieses aber auch nicht Statt, so müßte es immer noch unentschieden bleiben, ob ein solches Zusammentreffen ein zufälliges oder ein auf tieferen Gesetzen beruhendes sei. Jedenfalls ist hier eine um so strengere Kritik anzuwenden, je mehr Mißbrauch mit den hypothetischen und mystischen Wirkungen des Mondes auf den Organismus getrieben worden. Vergl. Schweig in Roser und Wunderlich's medicinischer Vierteljahresschrift. Stuttgart, 1844. S. 1—32.

Der periodische Blutabgang bildet ein wesentliches Moment gesunder Mädchen, die das Pubertätsalter erreicht haben. Der normale Weg desselben ist die sich dann auflockernde Schleimhaut der Gebärmutter, welche hierzu durch ihren Blutreichthum besonders geeignet ist. Allein ausnahmsweise kann auch die Blutentleerung auf anderen Bahnen, z. B. durch die Lungen, seltener durch die Haut oder die Brüste Statt finden, ohne daß wenigstens verhältnißmäßig die Gesundheit bedeutend leidet. Tiefere Ströungen erfolgen dagegen, wenn die Periode gänzlich mangelt oder zu sparsam oder zu wenig blutig ist. Es bildet sich nach und nach eine schon §. 557 dargestellte Art von eigenthümlicher Abnormität des Blutes, welche die sogenannte Bleichsucht erzeugt. Die Haut nimmt eine eigenthümliche, schwach grünlichgelbe Farbe an; die Lippen werden blaß, die Augen mit blauen Ringen umgeben, das Aussehen bleich und aufgedunsen. Es gesellen sich hierzu allgemeine Körperschwäche, leichte Ermüdung, hartnäckige Verstopfung, das Gefühl von Spannen und Ziehen im Unterleibe, neuralgische Affectionen einzelner Körpertheile, Brustkrämpfe, Athmungsbeschwerden, Appetitlosigkeit, hysterische Affectionen der mannichfachsten Art und endlich Wassersucht, die leicht an und für sich oder in Verbindung mit Phthisis und Abzehrung den Tod nach sich zieht. Mangel an Bewegung und besonders vieles Sitzen in geschlossenen Zimmern, unzweckmäßige oder sparsame Nahrung, eine geringe Pubertätsentwickelung u. dgl. begünstigen diese Verhältnisse. Eben so können sie sich erzeugen, wenn zwar im Anfange vollkommene Katamenien zu Stande gekommen, der Abgang des Blutes dagegen durch die Verwachsung des Gebärmuttermundes oder die Verschließung des Hymens verhindert ist. Der Uterus dehnt sich dann durch das in ihm enthaltene dunkelrothe, wenig oder gar nicht geronnene theerartige und bisweilen übelriechende Blut möglichst aus, erregt die Gefühle von Druck, Ziehen und Spannung im Unterleibe und kann selbst die Blase beeinträchtigen, so daß sich keine bedeutenden Mengen Urin in ihr ansammeln. Später jedoch entwickeln sich die Zeichen der Bleichsucht mit Verstimmungen des Nervensystemes. Ob das Eisen, welches bei Chlorose von so großem Nutzen ist und bald die Menge der Blutkörperchen in günstigen Fällen vergrößert, die ursprüngliche Ursache der Krankheit oder eine wesentliche Folge derselben hebe, ist noch unbekannt.

1647 Die Eierstöcke sind außerdem der Sitz wichtiger Veränderungen, welche zur Menstruationszeit auftreten. Es reifen nämlich in ihnen einzelne Graafsche Bläschen vollständig, bersten an ihrer erhabensten Stelle und entleeren das in ihnen enthaltene mikroskopische kleine Eichen. Dieses wird dann im Normalzustande von der entsprechenden Tube, die sich gleichzeitig mit ihren freien Endtheilen um das Ovarium herumlegt, aufgefangen und schreitet von hier nach dem Uterus fort, bis es wahrscheinlich, wenn keine Befruchtung Statt findet, zu Grunde geht. Der geborstene Follikel dagegen verwandelt sich in einen gelben Körper, der wenigstens eine Zeit lang kenntlich bleibt.

Diese in neuerer Zeit von Lee, Paterson, Jones, Negrier, Gendrin, Pouchet, Raciborski[1]) und Ritchie ohne mikroskopisches Studium verfolgten Thatsachen, welche durch die von Bischoff[2]) vorgenommene feinere Ermittelung des Fortganges des ausgetretenen Eies bei brünstigen Säugethieren ihre definitivere Feststellung gewonnen haben, bekräftigen mehrere für die Zeugungsverhältnisse folgenreiche Schlüsse.

1) Die Anwesenheit von gelben Körpern oder alten Narben im Eierstocke kann nicht als sicheres Zeichen einer früher Statt gehabten Befruch-

---

[1]) a. a. O. S. 359 fgg.

[2]) Th. L. W. Bischoff Beweis der von der Begattung unabhängigen periodischen Reifung und Loslösung des Eies der Säugethiere und des Menschen als der ersten Bedingung ihrer Fortpflanzung. Giessen, 1844. 4. S. 4 fgg.

tung oder Schwangerschaft dienen. Sie zeigen höchstens an, daß die Regeln eingetreten waren. Hiermit stimmen denn auch die Erfahrungen älterer und neuerer Forscher, nach denen gelbe Körper bei jungfräulichen Individuen vorkommen können.

2) Die Zahl der auf gleichzeitigen Entwickelungsstufen befindlichen gelben Körper, welche in den Eierstöcken eines Thieres gefunden werden, läßt höchstens entnehmen, wie viele Eichen ausgetreten. Da aber einzelne derselben, ohne daß sich ein vollkommener Embryo entwickelt, zu Grunde gehen können, so gestattet dieses keinen sicheren Schluß über die Zahl der Früchte, welche vorgefunden werden müssen. Finden sich ältere und jüngere gelbe Körper in Einem Eierstocke, so dürfen wir nur annehmen, daß sie von verschiedenen Katamenien, welche zu differenten Zeiten vorhanden waren, herrühren, nicht aber Folgerungen anderer Art hieraus herleiten.

3) Dieser selbstständige Austritt der Eier aus dem Eierstocke beweist, daß ein Gesetz, welches aus einzelnen Fischen und Amphibien, so wie zum Theil den Vögeln längst bekannt ist, auch für den Menschen und die Säugethiere seine Gültigkeit hat. Der Laich der Fische, der Frösche u. dgl. tritt ebenfalls hervor, ehe der Same zu ihm gelangt. Die Befruchtung dieser Thiere ist eine rein äußerliche. Weibchen und Männchen entlassen ihre Zeugungsgebilde und diese, nämlich Same und Ei, vermischen sich erst in dem umgebenden Wasser mit einander. Nicht selten werden bei Vögeln unbefruchtete Eier, sogenannte Windeier, die keinen Embryo bilden, gelegt. Das ausgetretene Eichen der Säugethiere geht ebenfalls nutzlos zu Grunde, wenn es nicht auf seinem Wege dem zur ferneren Embryonalentwickelung anregenden Samen begegnet. Fände man daher auch einen gelben Körper und ein mikroskopisches Eichen in einer menschlichen Leiche vor, so würde dieses noch kein Kriterium einer Statt gehabten Befruchtung abgeben. Nur die Anwesenheit von Spermatozoen beweist definitiv, daß der Beischlaf ausgeübt worden.

4) Der Austritt der Eichen aus dem Ovarium menstruirender Frauen und den Eierstöcken brünstiger Thiere erhärtet die Analogie zwischen den Katamenien des Menschen und der Brunst der Thiere auf eine anschauliche Weise. Hierfür sprechen auch schon viele andere bei beiden vorkommende äußere Erscheinungen, wie der Blutabgang aus den Genitalien, die vorangehenden allgemeinen Beschwerden, die gesteigerte Geschlechtslust nach dem Culminationspunkte derselben u. dgl. Die Frau verhält sich also in dieser Hinsicht gleich einem Wesen, das alle vier Wochen die wesentlichsten Metamorphosen brünstiger Thiere erleidet. Ob der Umstand, daß nur ein Eichen in der Regel aus ihrem Eierstocke austritt, mit dieser häufigen Wiederkehr der Katamenien zusammenhängt, steht dahin. Denn bekanntlich erscheinen auch nur vereinzelte Fötus bei manchen Säugethieren, die wenigstens nach ausgedehnteren Zwischenräumen brünstig werden.

5) Diese Analogie mit den Thieren kann vielleicht noch einen Schritt weiter verfolgt werden. Frosch- und Fischeier nämlich zeigen bisweilen den ersten Schritt zur ferneren Ausbildung, vorzüglich den Anfang der Durchfurchung ihres Dotters, ohne daß sie durch den Samen befruchtet

worden. Sie gehen aber dann, sobald ihnen nicht das Sperma zu Hilfe kommt, zu Grunde. Bischoff fand nun, daß manche durch die Brunst ausgetretene Eichen vollkommen wie reife Eierstockseier gestaltet waren und einen diesen entsprechenden Discus um ihre Zona pellucida hatten. Andere, welche z. B. dem Schweine und der Ratte angehörten, besaßen keinen Discus, aber eine vollkommene Zona ohne Eiweiß [1]). Noch andere endlich, welche vom Kaninchen herrührten, zeigten, daß die Elemente des Discus spindelförmig ausgezogen [2]) oder sogar geschwunden waren, während sich die Zona mit einer geringen Eiweißschicht belegt hatte [3]). Mit einem Worte, es scheint auch hier eine selbstständige allererste Entwickelung des ausgetretenen Eichens bis zu einem gewissen Grade ohne Samen fortgehen zu können. Ist aber dann die unter diesen Verhältnissen mögliche Grenze erreicht worden, so steht die Fortbildung still, der Dotter wird nach und nach resorbirt und das Eichen geht allmälig zu Grunde.

6) Die Befruchtung scheint also nur dann möglich zu sein, wenn die Brunst oder die Menstruation den Austritt desselben aus dem Eierstocke vorbereitet oder bewerkstelligt hat. Daß der Same allein ohne Beihilfe der Katamenien die Anregung hierzu geben könne, ist wenigstens durch keine bis jetzt bekannnte Thatsache definitiv erwiesen. Die Stelle aber, wo der Same dem Eichen begegnet, läßt sich durch keine feste Normen bestimmen. Er wird dasselbe im Uterus oder dem Eileiter antreffen, wenn es schon so weit nach seiner Loslösung vorgeschritten. Es kann aber auch der Fall eintreten, daß er auf den Eierstock gelangt, bevor sich dieser des Eichens entledigt hat. Man findet daher dann vollkommen reife und vergrößerte, aber nicht geborstene Follikel, deren Außenfläche Same umgiebt.

7) Nimmt man an, daß der Austritt der Eichen an die Regeln gebunden ist, so muß die günstigste Zeit der Ausübung eines fruchtbaren Beischlafes einige Tage nach dem Aufhören der Menstruation, die ungünstigste kurz vor der Wiederkehr derselben sein. Hiermit stimmt auch die bekannte Erfahrung, daß unfruchtbare Frauen nicht selten Mütter werden, wenn sie den Beischlaf am Ende ihrer Katamenien oder mehrere Tage nach dem Aufhören derselben ausüben und Geburtshelfer das Ende der Schwangerschaft am sichersten berechnen, wenn sie als Ausgangspunkt ungefähr 8 Tage nach der Endzeit der letzten Regeln annehmen. Endlich

8) erklärt sich zum Theil hieraus, weshalb die monatliche Reinigung und die Befruchtung bis zu einem gewissen Grade von einander unabhängig sind. Bleichsüchtige, die sehr wenig menstruiren, werden nicht selten schwanger und jedenfalls bildet für sie die Ausübung des Coitus ein nur selten fehlschlagendes Heilmittel Eben so hat man ausnahmsweise Beispiele, daß noch Frauen, welche noch gar keine monatliche Reinigung darboten oder diese in späteren Jahren wiederum verloren hatten, Mütter wurden. Reicht der Einfluß der Periode hin, Eierstockseichen zur Reife und zum Austritt zu bringen, so ist es für den Act der Befruch-

---

[1]) a. a. O. S. 35 u. 37. [2]) a. a. O. S. 10. 11.
[3]) a. a. O. S. 13.

tung, wie es scheint, gleichgültig, ob eine reichliche Menstruation nebenbei vorhanden war oder nicht.

Diese regelmäßigen Congestionen scheinen sogar bei dem Menschen den einen Eierstock in höherem Maaße, als den anderen zu afficiren, so daß eine gewisse Ungleichheit der Volumina beider Ovarien zur Zeit der Menstruation wahrgenommen wird (Raciborski). Ob sich aber ein solches Verhältniß in je zwei auf einander folgenden Perioden abwechselnd auf beide Ovarien vertheile, ist noch unbekannt.

Die habituelle periodische Verstärkung des Ernährungs- und Bildungsprocesses, die fortwährende Entstehung und Reifung neuer Follikel und gelber Körper, welche in den Eierstöcken Statt findet, scheint auch die Ursache zu sein, weshalb diese Organe unter krankhaften Verhältnissen den Sitz der eigenthümlichsten pathologischen Producte darstellen. Wir finden z. B. das Ovarium bei der Eierstockswassersucht in sehr hohem Grade ausgedehnt und durch und durch mit Wasserblasen gefüllt, wie dieses auch in ähnlicher Weise an den Nieren vorkommt. Noch eigenthümlicher sind jene großen Fettgeschwülste in den Ovarien, die sehr lange und verfilzte Haare und vollständige Zähne enthalten. Beiderlei Afterproducte sitzen wahrscheinlich immer auf einem Mutterboden an. Wenn behauptet wurde, daß die Haare der Art keine Zwiebeln besäßen, so muß dagegen bemerkt werden, daß Miescher und ich bei der frischen Untersuchung eines solchen Productes nicht nur die hornige Haarzwiebel, sondern die vollkommenen Wurzelscheiden vorfanden. Jene erstere Angabe kann möglicher Weise dadurch entstanden sein, daß die langen verfilzten Haare von ihrer Matrix losgelöst waren. Uebrigens sieht man auch bisweilen diese Gebilde in Fettgeschwülsten, welche unter der Haut liegen, so fest ansitzen, daß sie der Chirurg von ihrem Mutterboden losreißen muß. Was nun die Zähne betrifft, so gleichen sie oft schon äußerlich vollkommenen Backzähnen oder verkrüppelten Zähnen anderer Art. Ein aus dem oben erwähnten Präparate entnommener Zahn führte im Innern ein vollkommenes Zahnsäckchen, welches zahlreiche mit Blut gefüllte Capillaren darbot. Was die Nerven betraf, so konnte ich keine solche Masse derselben, wie in gesunden Zahnsäckchen wahrnehmen. Nur einzelne Primitivfasern schienen das frische oder mit schwachem kaustischen Kali behandelte Präparat zu durchsetzen. Jedoch ist kein absolutes Gewicht auf diese negativen Erfahrungen zu legen, weil das Präparat schon einige Wochen alt war. Ein Zahnschliff zeigte, daß vollkommen normale ächte Zahnsubstanz und Schmelz vorhanden waren. Die Elemente von beiden boten keine irgend auffallende Abweichung von dem gesunden Zustande dar, und die Zahnröhrchen verästelten sich in der Nähe des Schmelzes wie gewöhnlich. Dagegen ließ sich kein wahres Cäment mit Knochenkörperchen an dem Zahne, der in einer festen fibrösen Masse gesessen hatte, nachweisen. Die Oberfläche der Wurzel desselben bestand aus einer ziemlich harten Substanz mit breiten Längen- und schiefen Fasern, welche durch die Einwirkung von Salpetersäure in reichlichstem Maaße Kohlensäure entwickelten.

So weit an Säugethieren (Hunden, Kaninchen, Schweinen, Kühen, 1648
Schafen u. dgl.) angestellte Beobachtungen lehrten, leitet sich schon die Bildung der gelben Körper kurz vor dem Austritte des Eichens aus dem Follikel ein. Dieser letztere nämlich vergrößert sich dann nicht nur bedeutend, sondern auch die in ihm enthaltenen Zellgebilde, welche der Membrana granulosa angehören, gehen schon zum Theil in Faserzellen über oder vermehren sich nach allen Richtungen hin. Es entsteht auf diese Art im Grunde und zum Theil an den Wandungen des Follikels eine Wucherung, die für das Eichen und den flüssigen Inhalt des Follikels gleich einer Vis a tergo wirkt und wahrscheinlich zuletzt die Berstung desselben und den Austritt des Eichens an der Bauchfelloberfläche als derjenigen Stelle, welche den geringsten Widerstand darbietet, bedingt. Sind nun auf diese Weise die Eichen mit der Zona, dem Discus proligerus und dem flüssigeren Inhalte des Follikels davongegangen, so findet man in dem Innern des letzteren bei dem Schweine, nicht aber bei Hunden und

Kaninchen oder Kühen [1]) einen mehr oder minder bedeutenden Bluterguß. Er ist, wo er auch vorkommt, für die fernere Entwickelung der gelben Körper ohne wesentliche Bedeutung und wird später wieder nach und nach resorbirt. Die wuchernde von Blutgefäßen durchzogene Zellenmasse füllt indeß die Höhle des durch seine Entleerung verkleinerten Follikels aus und kann sogar bei einzelnen Thieren in der Form eines Wärzchens an der früheren Durchreißungsstelle hervortreten. Ist dieses geschehen, so bildet sich der gelbe Körper zurück, verliert nach und nach immer mehr an Umfang und reducirt sich zuletzt entweder gänzlich oder bis auf verhältnißmäßig unbedeutende Spuren.

Es läßt sich der Analogie nach annehmen, daß der wesentliche Hergang bei der Frau derselbe sei und auch ihre gelben Körper im Innern des Follikels und nicht um denselben herum entstehen. Jedoch lehrten die Beobachtungen von Lee, Jones und mir [1]), daß ein häutiger Balg in dem Centrum der gelben Körper von Frauen, welche sich im dritten oder vierten Monate der Schwangerschaft befinden, vorkommt. Künftige Erfahrungen müssen noch die nähere Bedeutung desselben aufhellen.

Ueber die Bildung der gelben Körper siehe C. E. a Baer De ovo mammalium et hominis genesi epistola. Lipsiae, 1827. 4. p. 20. A. Bernhardt Symbolae ad ovi mammalium historiam ante praegnationem. Vratislaviae, 1834. 4. p. 33 fgg. m. Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen mit vergleichender Rücksicht der Entwickelung der Säugethiere und Vögel. Berlin, 1835. 8. S. 37 fgg. R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Bd. I. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 89 fgg. Th. L. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8. S. 31 fgg. Das Mikroskopische liefert nach eigenen Untersuchungen am vollständigsten: H. C. Zwicky De corporum luteorum origine atque transformatione. Turici, 1834. 8. p. 7—33.

1649 Da der Eierstock und die Tube der Frau in keinem continuirlichen Zusammenhange mit einander stehen, so muß die Natur bei jeder Menstruation Vorbereitungen treffen, um den Uebertritt des Eichens in den Eileiter zu sichern und vorzüglich dessen Hinabgleiten in die Beckenhöhle zu verhüten. Gendrin [3]) fand auch z. B. bei einer 44jährigen Frau, welche drei Tage nach dem Eintritte ihrer Regeln schlagflüssig gestorben war, daß der linke Trichter an dem entsprechenden Eierstocke anlag, und ähnliche Resultate ergaben sich bei den Untersuchungen von Raciborski [4]). Diese Angaben würden mithin die allgemeine Ansicht unterstützen, daß die Endtheile der Tube den Eierstock während der Zeit des Austrittes des Eichens umfassen, ohne jedoch mit ihm durch organische Ausschwitzungsproducte im Normalzustande verbunden zu sein. Im Gegensatze hierzu glaubte Panck [5]) eine Vereinigung letzterer Art, welche durch sehr dünne

---

[1]) Th. L. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8. S. 33. H. L. Zwicky De corporum luteorum origine atque transformatione. Turici, 1844. 8. p. 25.

[2]) Repertorium Bd. VI. S. 249. 50.

[3]) Raciborski a. a. O. 412. [4]) Ebendaselbst p. 417.

[5]) J. E. Panck Entdeckung einer organischen Verbindung zwischen Tuba und Eierstock beim menschlichen Weibe bald nach der Conception. Dorpat und Leipzig, 1843. 4. und Oppenheim Zeitschrift für in- und ausländische Medicin. März, 1844. S. 295—99.

Häute und Fäden vermittelt würde, bei mehreren Frauen, die früher empfangen hatten, vorgefunden zu haben. Gehörten aber Bildungen der Art zum Normalzustande, so müßten sie, wie sich nach dem früher Dargestellten annehmen läßt, bei jedem menstruirenden Individuum vorhanden sein. Ueberdies fanden sich auch noch in den von Panck beobachteten Fällen Ausschwitzungen an der Hinterfläche der Gebärmutter, so daß die pathologische Natur dieser Gebilde in hohem Grade wahrscheinlich sein dürfte.

Die Veränderungen, welche die Scheide mit ihren Nebengebilden in 1650
Folge der Menstruation erleidet, sind noch nicht hinreichend genau studirt. Man weiß nur, daß die Schleimabsonderung der Vagina um diese Zeit eher vermehrt als vermindert erscheint. Eben so läßt die Analogie mit brünstigen Thieren vermuthen, daß die erectilen Gewebe der Scheide zwar nicht gesteift, aber doch in stärkerem Maaße als sonst mit Blut gefüllt sein werden. Einzelnen Frauen schwellen auch die Brüste zur Katamenialzeit an.

Begattung. — Wir sahen schon früher, daß die Natur, um die 1651
Erzeugung der neuen Wesen zu sichern, den an und für sich für das Individuum gleichgültigeren Begattungsact mit angenehmen Regungen des Nervensystems, mit Wollustgefühlen verknüpft und so auch diejenige Thätigkeit, die für das Ganze von wesentlicher Nothwendigkeit ist, zum Gegenstande persönlicher Lust gemacht hat. Die sinnlichen Empfindungen und ihre Folgen, die auf diese Art als Begleiter des Begattungsactes auftreten, sind keineswegs absolut an die Gemeinschaft beider Geschlechter geknüpft. Jede Friction des Penis erregt Wollustgefühle und als Schlußstein des Ganzen Ejaculation des Samens. Jede vollständige Reibung der Vagina steigert die Geschlechtsbegierde und erhöht die Neigung den Coitus auszuüben. Allein keine mechanische Anregung wirkt für beide Geschlechter so angenehm und so wenig schädlich, als die, welche auf dem natürlichen Wege des Beischlafes zu Stande kommt. Die weichen befeuchteten Wände der Scheide mit ihren bestimmten Hervorragungen sind unzweifelhaft in jeder Beziehung zu diesem Zwecke genau berechnet.

Die sinnliche Neigung zum anderen Geschlecht erscheint vorzugsweise an die Integrität der keimbereitenden Geschlechtstheile, der Hoden und der Eierstöcke, gebunden. Sie fehlt daher bei Castraten und wahrscheinlich auch oft bei solchen impotenten Personen, die keinen mit Spermatozoen versehenen Samen bereiten können. Das Gleiche findet bei weiblichen Eunuchen und vielleicht selbst bei Frauen mit gänzlicher Entartung der Eierstöcke Statt. Alle solche Personen können aber dessenungeachtet Onanie und Manustupration treiben, weil ihnen diese Reizungen subjective Wollustgefühle bereiten.

Je mehr sich der Penis bei der Berührung einer Frau steift, um so 1652
mehr steigert sich auch die Wollustbegierde. Aehnliche Verhältnisse kehren wahrscheinlich bei dem Weibe, wenn es sexuell lebhaft aufgeregt ist, wieder. Die verschiedenen Schwellgewebe der cavernösen Körper der Klitoris, der Portio intermedia, der Eichel, der Schaamlefzen und der übrigen Scheidenschleimhaut richten sich auf. Der Constrictor cunni oder der weibliche Bulbo-cavernosus zieht sich wahrscheinlich ebenfalls rhythmisch zusammen, um eine stärkere Füllung der Eichel und der Scheide zu bedin-

gen [1]). Die Thätigkeit des Constrictor cunni und der Schwellgewebe verwandeln überdies die spaltenförmige Oeffnung der Vagina in eine rundlichere Mündung, und beiderlei Geschlechtswerkzeuge sind auf diese Art vorbereitet, den Begattungsact vorzunehmen.

Diese Präparation der weiblichen Geschlechtstheile scheint bei einzelnen Frauen langsamer und schwieriger zu Stande zu kommen, geringere Wollustbegierden nach sich zu ziehen und gegen den Beginn des Coitus gleichgültiger zu lassen. Umgekehrt verstärkt sich die Begierde durch die Reibung der Kitzlergegend mit dem Finger oder ähnliche Mittel, deren sich Wollüstlinge zu bedienen nicht scheuen, wie z. B. das Anspritzen von Kölnischem Wasser, Champagner u. dgl. Die Empfänglichkeit der Schwellorgane kann bei üppigen Frauen dergestalt gesteigert sein, daß sich nicht nur ihre Aufregung, sondern auch rhythmische allgemeinere Wollustſtöße ohne die Einwirkung des Mannes einfinden.

Reize, welche die Geschlechtstheile oder deren Nerven treffen, bilden oft die sichersten Erreger eines heftigen Wollustdranges. Auf diese Weise werden leicht Steinkranke, Menschen mit juckenden Ausschlägen, Kinder mit Madenwürmern in der Scheide u. dgl. zur Onanie verleitet. Innere Nervenreize können den Drang zur Selbstbefleckung dergestalt steigern, daß ein früher sehr züchtiger Mensch an nichts als die Befriedigung seiner Wollust denkt, alle Schaam in dieser Hinsicht verliert, nichts weiter als das Geschäft der Onanie treibt und es selbst noch nicht im Todeskrampf aufgiebt.

1653 Wird nun das in Erection befindliche Glied in den Vorhof der Scheide eingeführt, so gleitet zuvörderst die Eichel des Penis unter der der Klitoris leicht hinweg. Dagegen findet die Eichelkrone an dem Walle der beiden Bulbi vestibuli einen größeren Widerstand und dringt zwischen ihnen mit einem mehr Kraft erfordernden Rucke durch. Sie umfassen dann den Körper der Ruthe, die, wenn sie das Scheidenrohr vollständig ausfüllt, das Blut um so mehr nach der Klitoriseichel hindrängt und desto intensivere Wollustempfindungen anregt. Beginnt dann die Friction, so kommt die Klitoriseichel mit der Rückenseite der Eichel und des Körpers des Penis in Verbindung. Unterdeß hat schon das Spiel der Bulbo-cavernosi uud zum Theil der Ischio-cavernosi des Mannes und des Constrictor cunni der Frau begonnen und die Füllung und Empfindlichkeit der Wollustorgane erhöht [2]). Ihre Wirkung erreicht daher leicht während jenes Actes selbst den höchsten Grad und hört bei dem Manne nach der vollständigen Entleerung des Samens und dem Zusammenfallen des Gliedes, bei der Frau dagegen mit dem Mangel der Ausfüllung der Scheide durch jenen reizenden Körper auf.

1654 Schon die oben erwähnte Vorbereitung der männlichen und weiblichen Genitalien ruft die Zeichen allgemeinerer Aufregung hervor. Das Herz klopft nicht selten schneller, das Gesicht wird heißer, der ganze Mensch aufgeregter und die bloße Begierde der Geschlechtsbefriedigung unterdrückt nicht selten jede andere Rücksicht. Hat die fleischliche Berührung begonnen, so steigern sich nicht nur diese Verhältnisse beiderseits, sondern instinctartige Bewegungen des Rumpfes und der Füße erhöhen das unmittelbare Aneinanderhaften. Bisweilen kommen noch Zuckungen der Gesichtsmuskeln, Bewegungen der Zunge, Sinnesphantasmen, vorzüglich Funkensehen und

---

[1]) Kobelt Die männlichen und weiblichen Wollustorgane untersucht und dargestellt. Freiburg, 1844. S. 59.

[2]) Kobelt a. a. O. S. 59—61.

Ausbruch von Schweiß, seltener von Seiten der Frau Uebelkeiten, Ohnmachten oder allgemeinere Krämpfe hinzu. Indem sich aber die heftige Aufregung immer mehr steigert, kann ein etwa vorhandenes Aneurysma oder eine Vomica während des Culminationspunctes des Coitus platzen und so bald darauf den Tod nach sich ziehen.

Der Rückfall in Abspannung scheint bei der Frau etwas später als 1655
bei dem Manne aufzutreten. Dieses kann davon herrühren, daß hier kein solches bestimmendes Moment, wie die Ejaculation und das mit ihr verbundene Zusammenfallen des Gliedes vorhanden ist, mithin erst der Mangel an Ausfüllung der Scheide als Ende des Actes das Bestimmungsglied bildet. Ob jedoch nicht auch die Anspritzung des Samens an die Wände der Scheide und vorzüglich an die Gebärmuttermundslefzen und die Innenwände des Uterus mit Wollustempfindungen verbunden sei, steht dahin.

Unmittelbar darauf ist die Wollustbegierde erloschen. Die geschlech- 1656
tigen Beziehungen werden für den Augenblick gleichgültiger. Das Herz klopft noch einige Zeit stärker und bisweilen hin und wieder aussetzend fort. Der Mensch wird herabgestimmt, nicht selten sogar traurig und sehnt sich eher nach Schlaf. Bisweilen gesellen sich hierzu ein Gefühl von Abgeschlagenheit im Körper, eine vermehrte Absonderung der Talgdrüsen des Gesichtes, vorzüglich derer, welche in der Gegend der Nasenflügel liegen, eine stärkere Secretion von Nasenschleim oder Verstopfung der Nase wie bei dem Anfange und dem Schlusse des Katarrhes, blaue Ringe um die Augen, Druck in denselben u. dgl. Der Mann empfindet nicht selten ein schwaches Nagen im Magen, hat etwas Hunger und fühlt sich wohler, sobald er diesen gestillt hat. Einzelne Frauen haben Aufstoßen, Uebelkeiten, Erbrechen, Schmerzen im Unterleibe, Drang zum Harnen und ähnliche leichte Beschwerden.

Befruchtung. — Die an Fröschen und Fischen leicht anzustellenden 1657
Beobachtungen lehren, daß der bloße mechanische Contact des Samens und des Eies, ohne Zuthun der mütterlichen Individuen, welche dieselben gebildet haben, zur Befruchtung hinreicht. Man braucht nur die Eier eines rogenden und den Samen eines milchenden Fisches in eine Schale mit Wasser auszudrücken und das Ganze gehörig zu mischen, um zu dem erwünschten Resultate zu gelangen. Dieses kommt selbst, wenn das mütterliche Thier einige Stunden vor dem Auspressen der Eier gestorben ist, zu Stande. Was den Samen betrifft, so müssen noch die Spermatozoen in lebhafter Bewegung begriffen sein, wenn Befruchtung erfolgen soll. Findet dieses nicht Statt, oder gebraucht man mit Wasser verdünntes Sperma, von welchem die Spermatozoen durch Filtration größtentheils abgeschieden worden, so wird keine Embryonalentwickelung erzielt. Die noch lebenden Samenfaden bilden daher eine wesentliche Bedingung der Befruchtung.

Wir wissen noch nicht bestimmt, welcher Eigenschaft sie diesen Einfluß verdanken. Die Hypothese älterer Forscher, daß das neue Wesen selbst aus einem Spermatozoon entstehe, ist durch die embryologischen Studien widerlegt worden. Eben so problematisch bleibt die Angabe von Barry, daß ein Samenfaden des Kaninchens in das Eichen desselben durch eine Oeffnung eindringe. Diese Thatsache, welche schon an und für sich

eine Parodorie ersten Ranges bilden würde, wird von Bischoff[1]) entschieden in Abrede gestellt. Auch ließe sich nicht einsehen, was das durch eine Spalte der Zona eingetretene Spermatozoon in dem Dotter machen sollte. Die Annahme endlich, daß der Same bloß dynamisch, etwa wie die Elektricität auf eine chemische Lösung wirken solle, läßt sich bis jetzt nicht klar entwickeln und hat vorläufig ebenfalls keinen festen Boden. Wenigstens existirt keine Thatsache, welche zu ihrer Aufstellung nöthigte. Der Analogie nach dürfte vielleicht eine einfache Hypothese die genannten Verhältnisse leichter erklären. Wir wissen, daß manche delicate chemische Lösungen sogleich Zersetzungen erleiden, so wie sie ruhig stehen, sich dagegen, so lange sie geschüttelt werden, unversehrt erhalten. Nehmen wir an, daß das Gleiche bei der Samenflüssigkeit Statt finde, so ließe sich hiernach einsehen, warum bewegliche Spermatozoen überhaupt vorhanden sind und die Samenflüssigkeit nach dem Absterben derselben oder ohne sie die Fähigkeit der Befruchtung verliert. Gelangt dagegen das durch die Thätigkeit der Samenfaden frisch erhaltene Samenfluidum auf das Eichen, so muß es durch die Zona pellucida hindurch einen endosmotischen Austausch mit der Flüssigkeit des Dotters eingehen und kann auf diese Art die fernere Embryonalentwickelung einleiten.

Es ergiebt sich hieraus von selbst, daß ein Mensch, welcher kein Sperma mit thätigen Spermatozoen absondern kann, trotz aller anderen Kräfte seiner Geschlechtstheile impotent ist. Einen anschaulichen Beleg für die Richtigkeit dieses Satzes geben uns die thierischen Bastarde. In den Hoden der Maulesel fehlen die Spermatozoen, wie sich schon aus älteren Erfahrungen und auch aus neueren Beobachtungen von Gerber ergiebt. Das Gleiche findet auch bei Vogelbastarden, z. B. von Kanarienvögeln und dem Stieglitz, Statt[2]). Wie es jedoch scheint, müssen die Eichen dieser Thiere eine noch unbekannte Eigenthümlichkeit darbieten. Wir wissen nämlich, daß Maulesel selbst dann nicht trächtig zu werden pflegen, wenn man ihnen die Begattung durch einen sonst kräftigen Hengst gestattet. Gerber beobachtete aber in einem Falle bei einem weiblichen Maulthiere gelbe Körper, die wahrscheinlich in Folge der Brunst nach dem §. 1647 geschilderten Vorgange entstanden waren. Daß dagegen eine Befruchtung zweier Individuen, welche verschiedenfarbigen Menschenracen angehören, möglich sei, ist hinreichend bekannt.

1658 Wir haben früher (§. 1509) gesehen, daß die Reibung der Scheide frisch getödteter Thiere Reflexbewegungen der Tuben und der Gebärmutter veranlaßt. Es wäre daher möglich, daß das Gleiche auch bei der Frau der Fall wäre und hierdurch der Eintritt des Samens in den Uterus wesentlich befördert würde. Aehnliche Erscheinungen bedingen bei dem Pferde nach Günther eine Art von Ansaugung der Eichel. Findet auch vielleicht nicht etwas der Art bei dem Menschen Statt, so könnte doch der Gebärmuttermund durch jene Reflexthätigkeit zur Aufnahme des ohnedies in einem Strahle hervortretenden Samens geöffnet werden. Hiermit scheint auch die Angabe von Haller zu stimmen, daß das Sperma nach einem unfruchtbaren Beischlafe wiederum aus der Scheide abzulaufen, nach einem fruchtbaren dagegen zurückgehalten zu werden pflege. Jedoch wäre es auch möglich, daß diese Aeußerung auf einer Verwechselung beruhe. Denn der reichlicher abgesonderte Schleim läuft bei vielen Frauen kurze Zeit nach dem Coitus in stärkerem Maaße durch die Schamspalte ab.

1659 Directe Beobachtungen, welche von Bischoff[2]) an Hündinnen angestellt worden, lehrten, daß der Same mit seinen lebhaften Spermatozoen nicht bloß die Gebärmutter und die Tuben durchwandert, sondern auch

---

[1]) Th. E. W. Entwickelungsgeschichte des Kaninchen-Eies. Braunschweig, 1842. 4. S. 31.

[2]) R. Wagner a. a. O. S. 27.

[3]) Th. E. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8. S. 21.

bis auf die Oberfläche des Eierstockes gelangen kann. Der Ort nun, an welchem er auf diesem Wege den behufs der Befruchtung zur Disposition gestellten Eichen begegnet, hängt, wie es scheint, von Zufälligkeiten ab. Sind die Ovula schon in Folge der Brunst oder der Menstruation ausgetreten, so wird er sie (im Uterus oder) in den Tuben antreffen. Befinden sie sich dagegen noch in den gereiften Follikeln, so muß er mit ihnen auf dem Eierstocke in mittelbare Berührung kommen. Ist endlich die Zeit eingetreten, in welcher die durch die periodische Geschlechtsaufregung ausgetretenen Eichen zu Grunde gegangen, so wird keine Befruchtung trotz der Normalität des Sperma Statt finden können. Man wäre daher im Stande, diesen letzteren Fall als Norm bei einer Frau anzunehmen, die regelmäßig alle vier Wochen ihre Katamenien hat und in den letzten $1\frac{1}{2}$ bis 2 Wochen vor dem Wiedererscheinen derselben den Einflüssen des Coitus ausgesetzt wird. Umgekehrt können viele Fälle von Unfruchtbarkeit dadurch aufgehoben werden, daß man die Ausübung des Coitus am Ende der Menstruation oder unmittelbar nach dem Aufhören derselben anempfiehlt. Auf demselben Principe beruhen auch die Reinigungsvorschriften, welche wir im alten Testamente vorfinden.

Die Ursache der Wanderung der Spermatozoen nach dem Eierstocke ist bis jetzt noch nicht vollständig aufgestellt. Am nächsten läge, an die Thätigkeit des Flimmerepitheliums, welche die Oberfläche der Gebärmuttermundslefzen und die Schleimhaut des Uterus und der Tuben bekleidet, zu denken. Allein die Richtung dieser Bewegung geht vom Eierstock nach der Gebärmutter. Sie würde also in einer Direction, welche eher der Wanderung der Eichen entspricht, erfolgen. Sollte sie auch den Samen befördern, so müßte sie in die entgegengesetzte Direction umschlagen, wie dieses zwar bei Muscheln (§. 605), nicht aber bei höheren Geschöpfen beobachtet worden. Fände dieses nicht Statt, so könnte man nur annehmen, daß entweder die Spermatozoen selbst durch ihre eigene Bewegung fortkommen (Henle) und daß ihnen gleichzeitige Zusammenziehungen des Uterus und der Tuben nachhelfen. Da es, wie Versuche an Thieren gelehrt haben, nur einer sehr geringen Menge kräftigen Samens zur Befruchtung bedarf, so ist keine der genannten Hypothesen wenigstens nach unserem bisherigen Wissen unmöglich.

Da die durch die Brunst der Säugethiere austretenden Eichen die Gebärmutterkörner, ohne zu Grunde zu gehen, erreichen, so leidet es kaum einen Zweifel, daß sie schon hier befruchtet werden können. Ob aber das Gleiche bei dem Menschen Statt finde, steht dahin, weil vielleicht der Ueberrest der Menstruation wenigstens im Anfange hindernd eingreifen könnte. Eben so wäre es denkbar, daß eine Art Unfruchtbarkeit der Frauen dadurch zu Stande käme, daß keine Eichen in Folge ihrer monatlichen Reinigung austreten oder keine Empfänglichkeit für den normalen Samen, wie bei weiblichen Bastarden, vorhanden ist.

Die von selbst austretenden Ovula befinden sich nach Bischoff in 1660
dem Anfange ihrer Entwickelung. Die Zellen ihres Discus zeigen sich bisweilen spindelförmig oder sind gänzlich geschwunden, während selbst eine dünne Schicht von Eiweiß um ihre Zona herumgelagert sein kann. Das Keimbläschen scheint ebenfalls zu Grunde gegangen und die Gruppirung der Dotterelemente verändert zu sein. Umgiebt nun der Same mit seinen lebhaften Spermatozoen das Eichen, so führt er im günstigsten Falle diese Metamorphosen weiter fort, so daß endlich ein Embryo entsteht und zu einem vollkommenen selbstständigen Wesen entwickelt wird.

Der männliche Organismus verhält sich nach dem Beischlafe auf die 1661
gleiche Weise, er mag befruchtend gewirkt haben oder nicht. Eine un-

mittelbare Fecundation ließe sich ohnedies nur dann denken, wenn der Samenstrahl das schon im Uterus vorliegende Eichen erreichen könnte. Sonst dagegen bedarf wahrscheinlich immer die Wanderung des Sperma bis zu den Tuben mindestens einer Zeit von mehreren Stunden. Anders dagegen kann sich der weibliche Körper verhalten. Während sich manche Frauen ihrer Empfängniß gar nicht bewußt werden, erkennen sie andere an den Uebelkeiten oder dem Erbrechen, welches sie des Morgens bei dem Aufstehen oder im Laufe des nachfolgenden Tages befällt. Anderen läuft nur der Speichel im Munde zusammen oder sie leiden an Schmerzen im Hinterhaupte, Schwindel, Herzklopfen, Koliken, Gasauftreibung der Gedärme und haben einen entschiedenen Widerwillen gegen das männliche Geschlecht. Jedoch liefern alle diese Zeichen, selbst wenn sie vorhanden sind, keinen sicheren Beleg für den ersten Anfang der Schwangerschaft.

Entwickelung.

1662 Schwangerschaft. — Sehr oft fehlen alle sicheren äußeren Zeichen der Statt gefundenen Empfängniß in der ersten Zeit nach der Befruchtung. Treten aber Symptome, welche eine allgemeinere Reaction verrathen, wie z. B. Uebelkeiten, Erbrechen, Zusammenlaufen von Wasser im Munde, Schwindel, Schmerzen im Hinterhaupte, Auftreibung des Unterleibes u. dgl. hervor, so lassen sich hierauf nur Vermuthungen und keine unzweifelhaften Folgerungen bauen. Bezeichnender ist schon das Ausbleiben der nächsten Menstruation, obgleich auch diese natürlich aus anderen Gründen fehlen kann und manche Frauen einen periodischen Blutabgang aus den Genitalien in den ersten Monaten ihrer Schwangerschaft beibehalten oder ihn selbst in sehr seltenen Fällen nur zu dieser Zeit darbieten. Gewisse Explorationszeichen, wie z. B. das tiefere Hinabsteigen der Vaginalportion der Gebärmutter in die Scheide, ein größerer Verschluß des Muttermundes und die dunkelere Färbung der Scheidenschleimhaut bilden nur höchst prekäre Merkmale, die eben so gut fehlen als anderer Ursachen wegen vorhanden sein können.

1663 Reizbare Frauen leiden häufig in dem Verlaufe des zweiten und dritten Monates ihrer Schwangerschaft an heftigem Erbrechen. Es stellt sich oft nur zu einzelnen Tageszeiten, vorzüglich des Morgens ein, erreicht dagegen auch häufig eine solche Intensität, daß fast nichts als Eigelb und selbst dieses kaum ertragen wird. Solche Beschwerden können sogar während der ersten Hälfte der Schwangerschaft und selbst länger ununterbrochen fortdauern. Seltener dagegen ereignet sich der Fall, daß sie nicht in dem Anfange, sondern erst gegen das Ende derselben auftreten. Zu ihnen gesellen sich dann Congestionen nach dem Kopfe, Schwindel, Zahnschmerzen, Abneigung vor den Speisen, besondere Eßgelüste, einzelne Anfälle von Frösteln, Stiche in den Brüsten, Abnormitäten des Stuhlganges, Veränderungen der Beschaffenheit des Harnes und des Geruches der Hautausdünstung und Widerwillen gegen das männliche Geschlecht. Während aber einerseits alle diese Erscheinungen mangeln können, sind auch ander-

seits bloße Nervenverstimmungen oder die Begierde, schwanger zu werden, im Stande, die gesammte Reihe oder einen Theil derselben hervorzurufen.

Der Unterleib und die von der Scheide aus zugänglichen Parthien 1664
der Geschlechtswerkzeuge zeigen bisweilen schon in den ersten Schwangerschaftsmonaten einzelne Veränderungen, welche ebenfalls zu Wahrscheinlichkeitsbestimmungen gebraucht werden können. Während nämlich häufig der Unterleib kurze Zeit nach der Empfängniß ausgedehnt erscheint, ist er im zweiten bis dritten Monat abgeplatteter als sonst und beginnt gegen das Ende dieses Zeitabschnittes, mit einer etwas stärkeren Wölbung über den Schambeinen hervorzutreten. Die Nabelgrube zieht sich auch unter jenen ersteren Verhältnissen etwas stärker ein. Der Uterus steht Anfangs etwas tiefer und hebt sich später wieder in die Höhe. Das Gleiche findet auch an seiner Vaginalportion, die mehr nach rückwärts gekehrt ist, Statt [1]).

Die Gebärmutter vergrößert sich von nun an dergestalt, daß ihr 1665
Grund schon durch die Bauchdecken hindurchgefühlt werden kann. Sie steht im vierten Mondsmonate etwas über den Schambeinen, im fünften zwischen diesen und dem Nabel, im sechsten in der Höhe des letzteren, in dem siebenten einige Finger breit über demselben, im achten noch etwas höher und endlich im neunten in der Gegend der Herzgrube, während sie wiederum im zehnten bis zur Hälfte des Abstandes zwischen dem Nabel und der Herzgrube zurückkehrt. Diesem entsprechend werden die Bauchdecken ausgedehnt, so daß der Unterleib immer mehr halbkugelförmig hervortritt. Die Nabelgrube erhebt sich dabei vom sechsten Monate an immer mehr und glättet sich aus. Der Nabelring ist im neunten Monate sehr stark gespannt; der Nabel selbst wird dann bis zum Ende der Schwangerschaft fingerhutförmig hervorgetrieben. Die Haut unterhalb desselben bildet oft, vorzüglich in der Inguinalgegend, eigenthümliche Falten, welche in der Regel im siebenten Monate auftreten. Nicht selten lagert sich hier oder an der Brustwarze Pigment ab.

Die Gewebe des Uterus verändern sich bei dieser Vergrößerung desselben, welche eine Art normaler Hypertrophie des Organes darstellt, auf eine auffallende Weise. Die Muskelfasern der Mittelschicht werden röthlicher. Die geschlängelten Arterien ziehen sich bis zum Ende der Schwangerschaft immer mehr aus und vergrößern sich fortwährend. Eine fast noch bedeutendere Volumenszunahme zeigen die Venen. Auch die Nerven werden nach Tiedemann um vieles zahlreicher, und vorzüglich sind es nach Remak die grauen Elemente derselben, welche durch ihre Massenverstärkung die bedeutendere Entwickelung bedingen.

Die Vaginalportion der Gebärmutter steht im Allgemeinen schon im 1666
vierten Monate ziemlich hoch, erscheint überdies im achten stark verkürzt und mehr nach hinten gerichtet, erreicht im neunten das Maximum ihrer Höhe und verkürzt sich endlich im zehnten in Folge der immer zunehmenden Ausdehnung und Verdünnung des Uterus auf keine bloß scheinbare Weise. Diese Erscheinung tritt bei Erstgebärenden am stärksten hervor; der Uterus von Mehrgebärenden aber verstreicht nicht völlig an seiner Vorderlippe.

---

[1]) H. F. Kilian Die Geburtslehre von Seiten der Wissenschaft und Kunst dargestellt. Erster Theil. Frankfurt am Main, 1839. 8. S. 175.

Der äußere Muttermund öffnet sich schon in geringem Grade an dem Anfange der letzten Hälfte der Schwangerschaft und läßt im neunten Monate die Fingerspitze mit Leichtigkeit durch sich hindurchdringen. Man kann auf diese Weise am Ende der Schwangerschaft bis zu den Eihäuten gelangen. Die Verdünnung des unteren Uterustheiles, welcher von der Scheide aus erreicht werden kann, erlangt ihren höchsten Grad kurz vor der Geburt. Um diese Zeit ist auch die Vermehrung der Schleimabsonderung der Vagina, welche schon im vierten Monate in auffallenderem Maaße hervortreten kann, am bedeutendsten.

1667 Je mehr sich der Uterus vergrößert, um so leichter kann die hierdurch bedingte Beengung des Raumes, welcher sonst für andere Organe bestimmt ist, besondere Beschwerden veranlassen. Sein Druck auf den Mastdarm erzeugt Stuhlverstopfung, seine Einwirkung auf die Blase eine gewisse Unpünktlichkeit der Harnentleerung, so daß die Frauen keine größeren Mengen von Urin zurückhalten können, ihn öfter als sonst entleeren müssen und unwillkürlich Tropfen desselben bei dem Husten, Niesen, Lachen u dgl. verlieren. Die Beeinträchtigung der Thätigkeiten des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln verursacht Athembeschwerden, und dieses Moment, so wie die ungewohnte neue Last hindern das Laufen, Treppensteigen u. dgl. Der Gang selbst ist wackelnd. Die Frau schwankt von einer Seite zur anderen und biegt ihren Oberkörper nach hinten, um die Schwerlinie zwischen ihren Beinen zu erhalten. Der Druck des ausgedehnten Uterus auf die Lymphgefäße des Beckens veranlaßt Oedem, der auf die Venen Blutaderknoten an den unteren Extremitäten. Es werden nicht viel Speisen vertragen; es entstehen leicht Congestionen nach dem Kopfe, Schwindel, subjective Bilder, Ohrenklingen, Zahnschmerzen u. dgl. Die Volumenverkleinerung der Gebärmutter im letzten Schwangerschaftsmonate lindert oft diese Beschwerden, so daß sich häufig die Frauen kurz vor ihrer Niederkunft wohler als früher befinden.

1668 Die Brüste können schon in den ersten Schwangerschaftsmonaten in geringem Grade turgesciren und vergrößerte und dunkler gefärbte Warzen darbieten. Sie entwickeln sich nach und nach immer stärker, liefern oft schon im siebenten Monate eine nicht unerhebliche Menge einer hellen Flüssigkeit und sondern vor der Niederkunft eine noch bedeutendere Quantität eines blasgelblichen bis weißlichen Fluidums, das jedoch noch keine wahre Milch ist, ab. Alle diese Vorbereitungen können jedoch auch bei Müttern, die später sehr gute Ammen abgeben, größtentheils bis gänzlich fehlen.

Ueber den Urin der Schwangern siehe Bd. I. S. 669. Vergl. Golding Bird in Guy's Hospital Reports. Vol. V. p. 15—26. C. K. Kane Experiments on Kiesteine with remarks on its application to the diagnosis of pregnancy. Philadelphia, 1842. 8. Oppenheim's Zeitschrift. Bd. 24. Hamburg, 1843. 8. S. 72.

1669 Die sichersten Schwangerschaftszeichen bestehen in denjenigen Merkmalen, welche durch den Fötus selbst bedingt werden. Die von Zeit zu Zeit erfolgenden automatischen Regungen desselben, die sogenannten Kindsbewegungen, welche sich unter manchen Verhältnissen, z. B. Abends bei

der ersten Einwirkung des Liegens im Bette, verstärken, werden in der Regel zuerst von der Mutter um die Mitte oder gegen das Ende des fünften Monates gefühlt. Jedoch können sich in dieser Hinsicht hysterische Frauen oder solche, welche schwanger zu werden wünschen, in hohem Grade täuschen. Der Arzt darf daher in zweifelhaften Fällen nur dann auf sie ein sicheres Urtheil bauen, wenn er sie selbst mit seiner auf den Leib gelegten Hand fühlt. Deutlicher noch belehrt ihn in dieser Beziehung das Stethoskop, wenn es ihm den Herzschlag des Kindes oder die Blutbewegung in dem Fruchtkuchen, das sogenannte Placentargeräusch, unzweifelhaft angiebt. Die Herztöne der Frucht lassen sich aber nach F. Naegelé am frühesten in der achtzehnten Woche deutlich wahrnehmen. Vom siebenten bis achten Monate an fühlt man bei dem Touchiren oder selbst äußerlich am Bauche einzelne Kindestheile, die jedoch leicht jedem stärkeren Drucke ausweichen. Gegen Ende der Schwangerschaft ist in der Regel der Kopf tief herabgesunken und leistet dem durch den Muttermund eindringenden Finger einen bedeutenderen Widerstand.

Offenbar gehen auch unterdeß in dem Organismus der Mutter, welche 1670
das Nahrungsmaterial für den Embryo zu liefern hat, die wesentlichsten Veränderungen vor sich. Selbst chlorotische Personen gewinnen, wenn keine krankhaften Schwangerschaftsbeschwerden eintreten, ein blühenderes Aussehen. Phthisis, colliquative Schweiße, Diarrhöen u. dgl. stehen still, um nach dem Wochenbette mit desto größerer Heftigkeit von Neuem zu erwachen und den Organismus schneller aufzuzehren. Eben so sollen Knochenbrüche langsamer heilen, chronische Hautausschläge weniger rasch um sich greifen und selbst die syphilitische Ansteckung minder leicht erfolgen. Di Mengee der Kohlensäure, welche Schwangere ausscheiden, verhält sich, wie bei Frauen, welche in ihrer Revolutionsperiode stehen (Andral u. Gavarret) (§. 1723). Urin und Stuhl sind bisweilen, jedoch keineswegs immer dunkler als sonst gefärbt. Die geistigen Thätigkeiten endlich werden leichter exaltirt und in einseitigen abnormen Richtungen fortgezogen.

Wählt man den in Folge der letzten Menstruation zu Stande ge- 1671
kommenen Austritt des Eichens aus dem Eierstocke als Ausgangspunkt der Rechnung, so beträgt wahrscheinlich die regelrechte Dauer der Schwangerschaft genau 10 Mondsmonate oder 280 Tage. Es versteht sich aber von selbst, daß krankhafte Verhältnisse die Geburt beschleunigen und einen Abortus oder eine Frühgeburt bedingen können. Ob jedoch bisweilen der Termin derselben wahrhaft verlängert werde, bleibt, so oft sich auch die Frauen in dieser Hinsicht verrechnen, immer noch zweifelhaft.

Embryonalentwickelung. — Findet das Eichen, welches in Folge 1672
der Menstruation ausgetreten, keinen Samen, der seine weitere Ausbildung anregt, so hört auch die fernere erhöhte Thätigkeit des Uterus nach und nach auf. Alles kehrt mit dem Nachlassen der Regeln in seinen früheren Zustand zurück. Entwickelt sich aber das Ei, nachdem es befruchtet worden, fernerhin, so dauert auch die eigenthümliche Thätigkeit der Gebärmutter später fort. Es bilden sich dann an ihrer Schleimhaut zottenartige,

aus Exsudatkörperchen und deren späteren Metamorphosen bestehende Ausschwitzungen, welche sich nach und nach zu einer zusammenhängenden Membran in mehreren Schichten netzartig verflechten. Auf diese Weise bildet sich dann die mit eigenen durchziehenden Blutgefäßen versehene hinfällige Haut (Membrana decidua), deren specielle Organisation noch besonderer Studien bedarf. Sie erzeugt sich, bevor noch das Eichen in die Gebärmutter eintritt, und stellt wahrscheinlich dann einen überall oder wenigstens auch an den Tubenmündungen geschlossenen Sack a (Fig. 229), dessen Inneres b nach Breschet von einer Flüssigkeit, der Hydroperione, ausgefüllt wird, dar. Dringt nun das Ovulum a (Fig. 230) von der einen Tubenöffnung aus in die Gebärmutter ein, so stülpt es den vorliegenden Theil der hinfälligen Haut ein. Wir erhalten auf diese Art eine innere Lage, die umgestülpte Nesthaut (Membrana decidua reflexa) b (Fig. 230), eine äußere ursprüngliche Schicht, die wahre Nesthaut (Membrana decidua vera) c, und zwischen beiden die Hydroperione d. Die letztere verschwindet, wenn sich das Ei so weit vergrößert, daß es die Höhle der Gebärmutter ausfüllt. Decidua vera und reflexa kommen dann unmittelbar an einander und verharren bis zur Geburt. An der Einstülpungsstelle dagegen entsteht nach einigen Forschern ein neuer häutiger Verschluß, den man mit dem Namen der Decidua serotina bezeichnet.

Fig. 229.

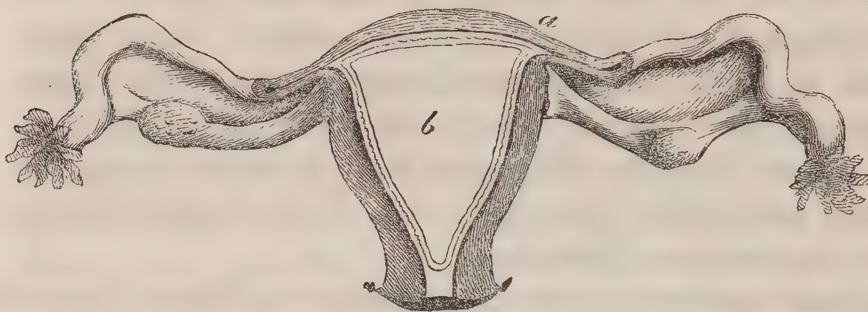
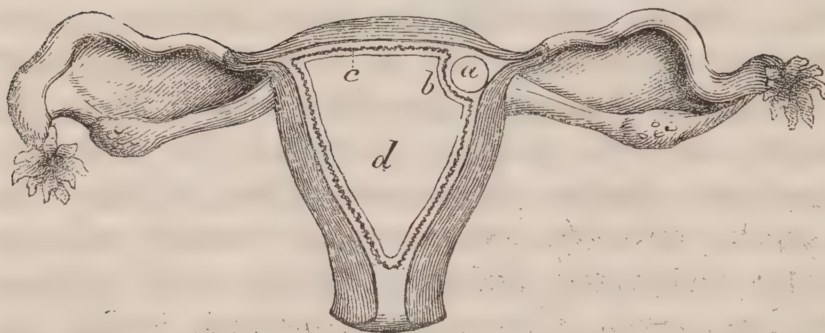


Fig. 230.



1673 Die Zeit, zu welcher das menschliche Eichen in die Gebärmutter gelangt, läßt sich um so weniger genau bestimmen, als wahrscheinlich der Austritt desselben aus dem Ovarium nicht von dem Beischlafe, sondern von der vorangehenden Menstruation abhängt. Alle Erfahrungen scheinen jedoch darauf hinzudeuten, daß dieser Uebergang in den Uterus mindestens nicht vor der letzten Hälfte der zweiten Woche, nachdem es das Ovarium verlassen, erfolgt. Seine Fortschaffung könnte eben so gut durch Flimmerbewegung als durch die Peristaltik der Tuben zu Stande kommen.

Wie die allerersten Veränderungen des Eies ohne die Thätigkeit des Samens auftreten, so ist der Aufenthalt im Uterus keine nothwendige Bedingung der Fortentwickelung desselben. Dieses beweisen die krankhaften Schwangerschaftsarten, welche bei dem Menschen vorkommen können. Man unterscheidet nämlich in dieser Hinsicht folgende Typen. 1) Eierstocksschwangerschaft (Graviditas oarica). Das Eichen tritt hier nicht zum Ovarium heraus, sondern erfährt wahrscheinlich die Wirkung des Samens, indem

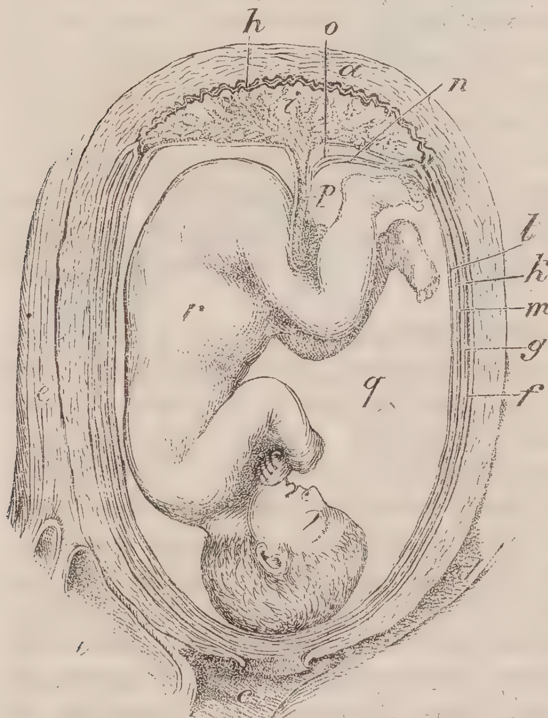
dieser bis zu dem Eierstocke fortgeführt wird. Hat die Entwickelung einen gewissen Grad erreicht, so berstet das Ovarium und der Tod der Mutter durch innere Verblutung bildet die unmittelbare Folge dieser unglücklichen Verhältnisse. 2) Bauchschwangerschaft (Graviditas abdominalis). Hier tritt zwar das Eichen zum Eierstocke heraus, gelangt aber, indem es entweder nicht von der Tube aufgefangen oder zur Abdominalöffnung derselben wieder herausgetrieben wird, in den Raum zwischen Gebärmutter und Mastdarm. Es kann sich nun in diesem Raume auf eine noch nicht speciell nachgewiesene Art ein vollkommenes Kind entwickeln. Da aber die Geburt nicht zu erfolgen vermag, so trocknet es ein, wird zu einem sogenannten Steinkind (Lithopaedion) und kann Jahre lang in diesem Zustande verweilen. Man findet daher oft bei der Section solcher Frauen eine weiche kugelige Masse, welche reife Kindsknochen enthält, oder einen zusammengeschrumpften Fötus an der genannten Stelle. Häufig dagegen wirkt dieser fremde Körper reizend, erregt Entzündung, Vereiterung und Absceßbildung vorzüglich am Mastdarme. Es kann auf diese Art Knochen für Knochen nach und nach durch die künstliche Oeffnung hervortreten und erst, wenn sie alle entfernt worden, findet eine vollkommene Genesung der Mutter Statt. 3) Tubenschwangerschaft (Graviditas tubaria). Das Eichen rückt zwar in diesem Falle bis in den Eileiter vor, bleibt aber hier stehen und entwickelt sich bis zum dritten bis vierten Monate. Das Volumen, welches es dann erreicht, bringt die Tube zum Bersten und tödtet die Mutter binnen sehr kurzer Zeit durch innere Verblutung. Endlich 4) Interstitialschwangerschaft (Graviditas interstitialis). Hier scheint das Ei, welches sich etwas länger als im vorigen Falle, ehe es den Tod der Mutter bedingt, entwickeln kann, in der Wandung des Uterus zu liegen. Die natürlichste Erklärung dieser noch sehr dunkelen Fälle besteht darin, daß man annimmt, das Ovulum bleibe an der Uebergangsstelle von Tube und Gebärmutter haften und vergrößere sich dann in der Wandungsmasse der letzteren. Die Unabhängigkeit der Bildung der Decidua wird in diesen Fällen dadurch erhärtet, daß sie in der Majorität solcher unglücklichen Schwangerschaftsarten, vorzüglich der Graviditas tubaria, vollständig vorhanden ist.

Es versteht sich von selbst, daß nicht bloß eines, sondern auch mehrere Eichen gleichzeitig befruchtet und zur Entwickelung gebracht werden können. Wir erhalten auf diese Weise Zwillinge, Drillinge u. s. w. Die größte Zahl von gleichzeitig entwickelten Früchten aber, welche mit Sicherheit bei dem Menschen beobachtet worden, stieg auf sechs. In der Regel haben alle solche Embryonen einen gleichzeitigen Ursprung. Nur dürfen wir uns nicht täuschen lassen, wenn der eine von ihnen jünger erscheint, weil häufig die Ernährung des einen Fötus auf Kosten des anderen geschieht. Die Fälle der sogenannten Superfötation aber, bei welchen z. B. eine reife Frucht zu einer bestimmten Zeit, und einige Monate später ein zweites reifes Kind geboren wird, sind hiervon wesentlich verschieden. Die Sache erklärt sich leicht, wenn ein zweikammeriger Uterus, wie er bei manchen Säugethieren im Normalzustande existirt, pathologischer Weise vorhanden ist. Die eine Abtheilung der Gebärmutter kann dann schon schwanger sein, während die zweite die Befruchtung vermittelt. Dagegen ist sie bei der normalen Bildung des Uterus des Weibes sehr schwer denkbar und wenigstens von der Zeit an, wo das Ei die Gebärmutter ganz ausfüllt, kaum möglich.

Die übrigen Gebilde des Eies werden von ihm in die Gebärmutter 1674
mitgebracht oder wenigstens nicht unmittelbar von dieser erzeugt. Das Ovulum erhält, wie man von den Säugethieren weiß, sein Eiweiß und sein gesondertes Chorion im Eileiter oder mindestens vor seiner Fixation im Uterus. Hat sich eine Keimhaut oder eine Keimblase um den Dotter gebildet und ist aus dem centralen Theile der Ersteren der junge Embryo entstanden, so verwandelt sich die peripherische Parthie des Schleimblattes der Keimmembran in die Hülle und die übrige Dottermasse in den Inhalt des Nabelbläschens. Indem sich dann das letztere von dem Embryo entfernt, zieht sich sein Stiel oder der Ductus omphalo-entericus s. vitello-intestinalis zwischen beiden aus. Der peripherische Theil des serösen Blattes wird zum Amnion, welches das Amnios- oder Schafwasser ein-

ſchließt. Eben ſo entſteht die Allantois aus oder neben dem hinterſten Theile des Darmes des Embryo, um zu der Bauch- oder Nabelöffnung hervorzutreten, in dem ſpäteren Nabelſtrange zu verlaufen und den Eiweißraum zwiſchen Chorion und Amnion zu erreichen. Ihre Blutgefäße dringen dann bei den Säugethieren in die zottigen Theile des Chorion ein und bilden mit ihnen den Fruchtkuchen oder die Placenta foetalis, welche durch die beiden Nabelarterien und die Nabelvene mit dem Embryo in Verbindung ſteht. Dieſes Verhältniß kehrt auch bei dem Menſchen wieder. Allein die Allantois läßt ſich nur ſo lange beſtimmt und iſolirt nachweiſen, als keine geſonderte Fruchtkuchenformation exiſtirt. Sobald aber dieſe vorhanden iſt, vergrößert ſich auch das Amnion dergeſtalt, daß die Eiweißmaſſe zu einem dünnen, zwiſchen ihm und dem Chorion befindlichen Blatte reducirt wird. Dieſes Verhältniß dauert bis zur Geburt fort, und ſelbſt das Nabelbläschen exiſtirt dann noch wenigſtens in vielen Fällen.

Fig. 231.



Suchen wir uns dieſe Verhältniſſe der ausgebildeteren menſchlichen Eier ſchematiſch zu verſinnlichen, ſo erhalten wir die in Fig. 231 gegebene Darſtellung. Sind a die Wandungen der Gebärmutter, b die Blaſe, c die Scheide, d der Maſtdarm und e die Bauchdecken, ſo haben wir in f die Decidua vera, in g die Decidua reflexa und in h die hypothetiſch angenommene Decidua serotina, welche ſich zwiſchen dem Mutterkuchen und dem Fruchtkuchen hinziehen ſoll. i bezeichnet den Fruchtkuchen, d. h. das Chorion villosum mit den Fortſetzungen der Gefäße der Allantois oder dem Endochorion, k das Chorion laeve, l das Amnion, m den zwiſchen ihm und dem Chorion befindlichen Ueberreſt des Eiweißes, n die Nabelblaſe (die jedoch nur ideell eingezeichnet worden, ſo daß deshalb an ſeiner Stelle das entſprechende Amnionſtück zu weit vom Fruchtkuchen abſteht), o den Stiel derſelben, p den Nabelſtrang, welcher ſeine äußere Hülle vom Amnion erhält und in ſeinem Innern aus den beiden Nabelarterien, der Nabelvene, den Lymphgefäßen und Nerven, ſo wie der Whartonſchen Sulze beſteht. q iſt endlich der Raum, welchen das Amnioswaſſer ausfüllt, und r der Embryo ſelbſt.

1675 Die bisherigen Erfahrungen konnten noch nicht entſcheiden, ob die erſten Entwickelungsmetamorphoſen des Eies der Säugethiere und des Menſchen von den Keimflecken ausgehen und ſich von ihnen aus Zellen bilden, welche den Charakter von Tochterzellen des Keimbläschens beſitzen würden. Iſt dieſes nebſt dem Discus geſchwunden und hat der Same gehörig eingewirkt, ſo zeigen ſich bald zweierlei Phänomene, welche, wie es ſcheint, in der Thierwelt allgemein vorkommen, nämlich

1) Die Elemente des Dotters verändern ſich ſo regelmäßig, daß die Oberflchäe deſſelben eine Reihe ziemlich regulärer, jedoch nicht mathematiſch genauer durch Furchen bedingter Theilungen darbietet. Er zerfällt zuerſt in 2, dann in 4, ſpäter in 8, 16, 32, 64 Stücke u. ſ. w., wird endlich maulbeerartig und zuletzt wieder glatt. Man nennt dieſe Erſchei-

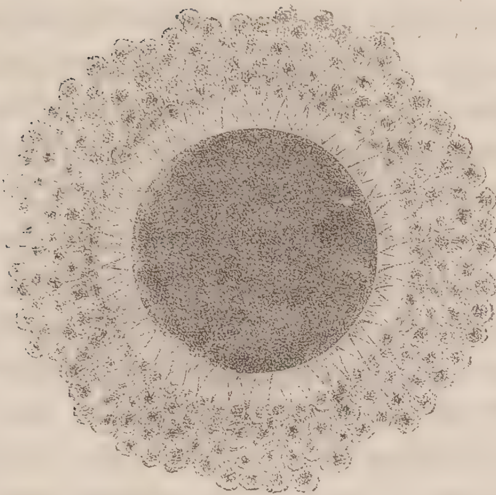
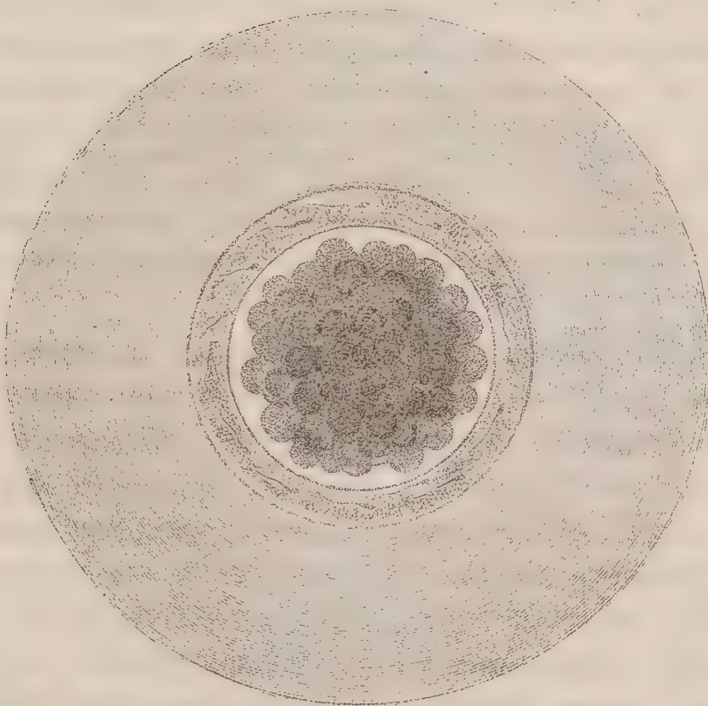


Fig. 232.

nung, welche auch bei Kaninchen und Hunden von Barry und Bischoff beobachtet worden, die Durchfurchung oder Theilung des Dotters.

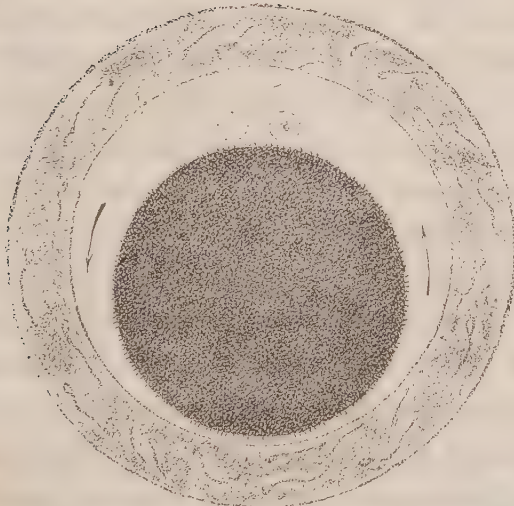
2) Die Dotter oder jungen Embryonen vieler wirbellosen Thiere und der Frösche haben in früher Zeit auf ihrer Oberfläche ein zartes Flimmerepithelium, mittelst dessen sie sich fortwährend herumdrehen. Man bezeichnet dieses Phänomen mit dem Namen der Dotterrotation. Sie wurde in einem Falle von Bischoff[1]) an einem Eileiterei des Kaninchens ebenfalls wahrgenommen.

Fig.233.



Um die Anschauung dieser Verhältnisse zu versinnlichen, dienen Fig. 232, 233 u. 234, welche nach Bischoff's Zeichnungen des Kanincheneies entworfen sind. Fig. 232 zeigt uns ein Ei 6 Stunden nach der Begattung und mit Veränderungen, welche auch ohne Begattung und bloß in Folge des durch die Brunst bedingten Austrittes aus dem Ovarium zu Stande kommen können. Fig. 233 ist ein Ei aus dem Ende des Eileiters. Die Eiweißschicht desselben hat schon eine bedeutende Dicke erreicht. Der Dotter selbst ist durch seine Zerklüftung maulbeerförmig geworden. Einzelne Spermatozoen umgeben noch das Ovulum. Fig. 234 endlich ist ein aus der Mitte der Tube entnommenes Ei, welches in seiner Dotterrotation begriffen ist. Man sieht die auf der Oberfläche des Vitellus befindlichen Härchen, welche die Drehung in der Richtung der Pfeile bewerkstelligen. Die Zona, an welcher viele Spermatozoen sichtbar sind, erscheint in der Form eines ziemlich breiten peripherischen Ringes.

Fig. 234.



Die selbstständige Thätigkeit der 1676
Elementartheile (§. 13) tritt nirgends deutlicher als in den ersten Stadien der Embryonalentwickelung hervor.

[1]) Th. C. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8. S. 52.

Schon die oben erwähnten Metamorphosen des Eichens, welche ohne die Befruchtung desselben erscheinen können, werden auf automatischem Wege zu Stande gebracht. Die Anregung, welche sie hervorruft, kann entweder nur in dem durch die Brunst und den Austritt des Eichens aus dem Follikel gegebenen Anstoße oder in der durch Endosmose aufgenommenen Flüssigkeit des Eileiters oder in beiden Momenten zugleich liegen.

1677 Dasselbe gilt von der Bildung des Keimes und der Keimhaut oder der Keimblase, der Spaltung derselben in ein oberes seröses und ein unteres Schleimblatt, dem Auftreten des Primitivstreifens oder der Primitivrinne, der Rückenwülste und Rückenplatten, der ersten Anlage des Nerven- und Blutgefäßsystems, der Augenhöhlen und Augen und aller Theile überhaupt, welche vor der Einleitung eines vollkommenen Kreislaufes entstehen. Der erste Anstoß zu diesen Bildungen, so wie zu den schon vorher erscheinenden vollständigen Durchfurchungen des Dotters muß von dem Samen ausgehen, weil sie nicht ohne die unmittelbare Berührung desselben mit dem Eichen zu Stande kommen. Er greift aber unzweifelhaft so tief ein, daß seine erste Wirkung die ganze Kette des nachfolgenden Wachsthumserscheinungen auf eigenthümliche Weise modificirt und sogar auf diese Art das ganze Leben hindurch nachklingt. Denn nur so läßt sich die häufige Aehnlichkeit des Kindes mit seinem Vater, die oft nicht bei der Geburt, sondern erst später ausgeprägter zum Vorschein kommt, erklären.

1678 Obwohl aber der Same diese kräftige Einwirkung besitzt, so liefert er doch keineswegs, wie sich mit Recht annehmen läßt, das gesammte Material, welches zu den ersten Wachsthumserscheinungen des Eichens nothwendig ist. Dieses läßt sich schon nach der Analogie derjenigen Veränderungen, welche vor der Befruchtung eintreten, erschließen und wird auch dadurch wahrscheinlich gemacht, daß das Ei der Thiere nur wenig Sperma zu seiner Befruchtung bedarf und sich dessen ungeachtet schon in der ersten Zeit um das 40- bis 50fache und noch mehr vergrößert.

1679 Die erste Andeutung der Organe, welche vor der Bildung des Kreislaufes auftritt, kann nur gleich der Dottertheilung die secundäre Folge der sich wechselseitig bedingenden Wachsthumsveränderungen der Elementargebilde darstellen. Hat sich aber ein Herz mit kreisendem Blute erzeugt, so wiederholt sich im Wesentlichen derselbe Proceß, wie bei den Ernährungserscheinungen des Erwachsenen, d. h. das von den Gefäßen durchzogene Parenchym eignet sich Ernährungsstoffe an und giebt die unbrauchbaren Substanzen ab. Die einzelnen Elementartheile aber sind so beschaffen, daß sie sich die ihnen dargebotene Nahrung ihren Specialverhältnissen gemäß aneignen und verarbeiten. Man ist hierbei keineswegs zu der Annahme genöthigt, daß zu diesem Zwecke jeder letzte Gewebtheil mit einer geistigen oder monadischen Kraft versehen sei. Wir können uns vielmehr den ganzen Hergang einfacher und natürlicher denken, wenn wir voraussetzen, daß ihre morphologische und chemische Beschaffenheit die regelrechte Aufnahme der von außen dargebotenen Substanzen und die daraus resultirenden Veränderungen der Gewebe als Nothwendigkeit bedingt, daß sich

mithin auch hier von selbst Glied an Glied anreiht, weil der Anfang der Kette seiner Eigenthümlichkeit wegen dieses Fortlaufen unter geeigneten Außenverhältnissen nach sich zieht (§. 132). Diese Anschauungsweise giebt uns zugleich einen Fingerzeig, weshalb nicht die erste Entwickelung mit der Herstellung des Kreislaufes, sondern mit der Metamorphose der Gewebtheile beginnt.

Die Natur schreitet übrigens hier, wie überall, so sehr es angeht, 1680
von dem Allgemeineren zum Besonderen fort. Die Grundlage der meisten, wo nicht aller Gewebe bildet eine gleichartige Masse, das Cytoblastem, in welchem Kerne oder Nuclei an isolirten Stellen eingelagert sind. Gehen diese nicht unmittelbar selbst in Zellen oder Fasergewebe über, so bilden sich um sie schmale Zellensäume, deren Inhalt sich nach und nach dergestalt vergrößert, daß endlich vollständige Zellen mit Kernen auftreten. Sie selbst erleiden nach Verschiedenheit der Gewebe die mannichfachsten Veränderungen und bleiben entweder noch in ihren primitiven Formen mehr oder minder kenntlich oder gehen in den späteren Bildungen gänzlich unter.

Um nur einige mit Sicherheit beobachtete Typen dieser Verhältnisse beispielsweise anzuführen, so haben wir 1) den Fall, daß die Wandungen der Zelle dichter werden und sich in ihrem Innern ein charakteristischer Inhalt ablagert. Er füllt zuletzt die ganze Zelle aus, und selbst von dem früheren Kerne ist keine Spur mehr später wahrzunehmen. Fett. Oder 2) der charakteristische Inhalt läßt den Kern, der nur durchsichtiger und gleichartiger wird, fortbestehen. Die Zelle selbst bleibt rundlich oder wird polyedrisch, kelchartig, bandförmig, erhält sternförmige Fortsätze u. dgl. Pigment. 3) Sie selbst bleibt seltener rund, sondern wird häufig polyedrisch oder cylindrisch. Ihre Wände verhornen in geringem Grade. Ihr Kern wird oft milchglasartig durchsichtig. Ihre Oberfläche bleibt glatt oder belegt sich mit Flimmerhaaren. Epithelien. 4) Die Zelle verhornt stärker, wird platt und blättchenartig. Oberhaut, Nägel und Haare. 5) Es kommt auf ähnliche Weise ein Plattwerden zu Stande. Die durchsichtig bleibenden Zellen, welche auf diese Art in bandartige Fasergebilde übergehen und deren Kerne immer heller und unkenntlicher werden, heften sich inniger an einander, so daß zuletzt eine einfache Membran resultirt. Innerste Haut der Gefäße unterhalb des Pflasterepithelium derselben. 6) Es erzeugen sich platte Bänder, welche in bestimmten ziemlich regelmäßigen Entfernungen rundliche bis länglichrunde Kerne führen, sich häufig in den Zwischenräumen zwischen diesen auf ihre schmale Kante umlegen und daher leicht das täuschende Ansehen von varicösen Fasern annehmen. Während die Kerne immer mehr schwinden, zerfasert sich das Band in eine Menge von Längsfäden. Fadencylindergewebe, z. B. Zellgewebe, Sehnen u. dgl. 7) Es entstehen hohle Röhren, welche zuerst in ziemlich regelmäßigen Entfernungen gestellte Kerne in ihrem Innern darbieten. Diese werden nach und nach aufgezehrt, während die übrigen Theile der Röhre in die späteren charakteristischen Gewebeelemente übergehen. Quergestreifte Muskelfasern und wahrscheinlich auch Primitivfasern der Nerven und Linsenfasern. 8) Die ursprüngliche Zelle umlagert sich mit immer neuen Zellen, die einen charakteristischen Inhalt führt. Nervenkörper. Oder 9) es entstehen in ihr Tochterzellen, welche wiederum ähnliche Bildungen in sich selbst zu erzeugen im Stande sind. Knorpelgewebe.

Die Kerne selbst können später durch blasige Ausdehnung in Zellen oder nach Henle durch lineare Verschmelzung in Fasern, sogenannte Kernfasern, übergehen. Endlich führen auch nach C. Vogt einzelne Zellen des Knorpelgewebes keine Kerne, oder beide, Kern und Zelle, zeigen sich gleichzeitig, so daß man nach diesem Forscher nicht zu entscheiden vermöge, welches das frühere sei.

Das Nähere dieser Verhältnisse, deren Details in die beschreibenden Theile der Anatomie gehören, siehe in: Th. Schwann mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthume der Pflanzen und der Thiere. Berlin, 1839. 8. R. Wagner Lehrbuch der speciellen Physiologie. Erste Auflage. Leipzig, 1839. 8. S. 132 fgg., so wie in den allgemeinen Anatomien von Gerber,

Bruns, Henle u. A., den Physiologien von Joh. Müller und R. Wagner, den allgemein anatomischen und embryologischen Monographien von Rathke, Barry, Bischoff, C. Vogt, Reichert, Koelliker, Bergmann, Pappenheim, Remak, Hannover, Prevost, Lebert, Klencke u. A. Die vorzüglichsten Gegner dieser sogenannten Zellentheorie sind Baumgärtner, Arnold und C. E. v. Baer.

1681 Die einzelnen Organe des Embryo werden zwar auf sehr verschiedene Weise aufgebaut, weil natürlich ihre Verhältnisse und das Nahrungsmaterial, das ihnen zu Gebote steht, sehr ungleich ausfallen. Nichts desto weniger aber blicken auch hier allgemeinere Gesetze durch, die entweder überall oder wenigstens bei der Herstellung eines Theiles der Apparate des Körpers wiederkehren.

1) Wie ein Maler mit der Anlage der Contouren seines Bildes beginnt und erst später zur Detailausführung schreitet, so werden auch die meisten Organe des Embryo im Anfange roh entworfen, um in der Folge immer mehr Einzelnheiten zu erhalten. Wir haben z. B. auf diese Weise zuerst statt der feinen und mannichfachen Capillaren unmittelbare einfache Uebergänge zwischen Arterien und Venen. Die Nieren bilden bei ihrem Ursprunge eine einfachere Blastemmasse, das Herz einen bloßen Schlauch, das Gehirn eine Reihe von Bläschen u. dgl. mehr. Als eine unmittelbare Folge hiervon zeigt sich dann das Verhältniß, daß ein ursprünglich einfacher Theil, wie z. B. das Darmrohr, ein Hirnbläschen die Grundlage einer ganzen Reihe späterer Organe darstellt. Eben so erklärt sich z. B. aus dieser ersten rohen Anlegung der Apparate, weshalb sie meistentheils im Anfange im Verhältniß zum Embryo größer als später sind und ihr relativer Umfang sich verringert, so wie ihr absolutes Volumen und ihre innere Bildung zunimmt.

2) Das Blastem, welches zuerst abgelagert wird, geht später gänzlich in specielle Gewebtheile anderer Art auf, weil diese der Function des Organes mehr nützen. Nur selten erhält es sich z. B. in erhärtetem Zustande, wie bei den Knorpeln, weil es hier mit Erfolg gebraucht werden kann.

3) Der Aufbau der Theile erfolgt nach bestimmten Symmetriegesetzen, welche sogar später wiederum in den Hintergrund treten können. Belege hierfür haben wir an dem Gehirn, den Wirbeln, dem Nerven- und Gefäßsysteme des Menschen.

4) Die einzelnen Organe werden nicht ursprünglich in ihren bleibenden Gestalten und Beziehungen angelegt, sondern durchlaufen eine Reihe bestimmter Formverschiedenheiten, bevor sie ihren definitiven Zustand erreichen. Sie werden gleichsam, bis sie endlich dem Ganzen entsprechen, immer verbessert und beständig ummodellirt. Sie erhalten auf diesem Wege häufig, wie wir z. B. an dem Gehirn und dem Herzen am deutlichsten sehen, Gestalten und Verbindungen, wie sie bei niederen Wirbelthieren bleibend vorkommen. Es heißt aber diese Thatsachen mißbrauchen, wenn man behauptet, daß der Mensch als Embryo die Stufen der niederen Thierwelt durchlaufe. Sie beweisen nur, daß sich die Natur überall der möglichst einfachen Mittel bedient und nicht zwei Vervollkommnungs-

plane in der Thierwelt und dem Gange der individuellen Ausbildung aufgestellt hat.

5) Die Entwickelung der einzelnen Apparate kommt in der Regel durch die Ablagerung von Blastem und die fernere innere Ausbildung desselben zu Stande. Nebenmittel derselben sind Einfaltungen, Abschnürungen, Ausbuchtungen u. dgl.

6) Die schon oben erwähnte selbstständige Entwickelung der Gewebe erklärt uns leicht das im Embryo so oft zu beobachtende Gesetz der isolirten Entstehung, nach welchem sich die einzelnen Gewebtheile an gesonderten Stellen des Cytoblastems ablagern und die vollkommene Füllung desselben und mit ihr die Herstellung des gesammten Organes durch immer neue Gewebeerzeugung neben den schon vorhandenen zu Stande kommt. Belege hierfür haben wir an den Muskeln, den Drüsen u. dgl. Eben so erläutern uns die Ernährungsvorgänge im Erwachsenen, weshalb ein schon gebildetes Gewebe, wie wir bei dem Verknöcherungsprocesse der Knorpel am deutlichsten beobachten, neue Veränderungen seiner Nachbartheile nach sich zieht und so das Ganze zu einer bestimmten eigenthümlichen Metamorphose zwingt.

Die Detailerscheinungen, aus welchen diese Normen hergeleitet werden können, gehören in die Entwickelungsgeschichte und finden sich z. B., soweit sie den Menschen und die Säugethiere betreffen, in: C. F. Burdach die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Zweite Auflage. Bd. II. Leipzig, 1836. 8. C. E. v. Baer über Entwickelungsgeschichte der Thiere, Beobachtung und Reflexion. Königsberg. Bd. I. 1828. Bd. II. 1837. 4. Mein Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen mit vergleichender Rücksicht der Entwickelung der Säugethiere und Vögel. Berlin, 1835. 8. und Th. W. L. Bischoff Entwickelungsgeschichte der Säugethiere und des Menschen. Leipzig, 1842. 8.

Die Entwickelung der Organe bildet die Grundlage, nach welcher die angeborenen Mißbildungen und zum Theil die selbstständigen Krankheiten des Fötus auf wissenschaftliche Weise durchschaut und erklärt werden können. Die meisten Abnormitäten, welche der Mensch mit auf die Welt bringt, beruhen darauf, daß ein fötaler Uebergangszustand zurückgeblieben ist und sich das auf diese Weise abweichend gebildete Organ entweder einfach vergrößert oder in einer eigenthümlichen Weise ferner entwickelt hat. Man nennt den Zustand in dem ersteren Falle eine Bildungshemmung, in dem letzteren dagegen eine Hemmungsbildung. Hierher gehören z. B. die Hasenscharte, der Wolfsrachen, die Verkürzungen der Extremitäten, der Nabelbruch, die Bauchspalte, der Prolapsus vesicae urinariae inversae, die verschiedenen Abnormitäten des Herzens und der großen Gefäße, welche die Vermischung arteriellen und venösen Blutes bei dem Körperkreislauf und in Folge dessen die Blausucht bedingen, der Mangel eines gesonderten Magens oder eines großen Netzes, die senkrechte Stellung des ersteren, der Defect des Uterus, das Zurückbleiben der Hoden in der Bauchhöhle, die Hypospadie u. dgl. mehr. Andere Krankheiten, wie z. B. die Wassersucht des Gehirns mit ihren ausgedehntesten Folgen, der Hemicephalie, werden zwar nicht durch frühe Entwickelungszustände unmittelbar erzeugt, dennoch aber in ihrem Zustandekommen wesentlich begünstigt. Manche bei Mißgeburten auftretende Abweichungen zeigen sogar Verhältnisse, die zwar bis jetzt noch nicht im Embryo des Menschen und der Säugethiere nachgewiesen worden sind, dagegen mit bleibenden Formationen niederer Thiere übereinstimmen. Ich erinnere z. B. nur an die Kropfbildung der Speiseröhre, welche so häufig bei Mangel des Unterkiefers vorkommt. Es wäre überhaupt an der Zeit, daß man sich nicht mehr darauf beschränkte, einzelne beobachtete Monstra zu beschreiben, sondern eine auf Entwickelungsgeschichte und Physiologie basirte Uebersicht derselben lieferte. Hierbei würde sich zeigen, daß viele solche Zustände auf einfachen Bildungshemmungen und Krankheiten der Art beruhen, andere dagegen zugleich daraus hervorgehen, daß eine schon vorhandene Abnor-

mität eine pathologische fernere Entwickelungsrichtung veranlaßt. Wir finden z. B. keine Verschmelzung beider Beine, wie sie bei den Sirenenmißgeburten hergestellt ist, im Embryo, so daß hier die Mißbildung des untersten Theiles des Rumpfes die der Füße nach sich ziehen muß.

Was die Doppelmißgeburten betrifft, so ist ihre Entstehungsweise noch sehr dunkel. Man weiß nur so viel, daß eine künstliche mechanische Trennung des hinteren Theiles des Keimes des Hühnchens unmittelbar nach dem Erscheinen desselben in sehr seltenen glücklichen Fällen eine Doppelbildung in diesen Hintertheilen erzeugen kann. Ueber ihre Entstehung, ihre anatomischen Verhältnisse und ihre Lebensäußerungen siehe vorzüglich J. L. C. Barkow Monstra animalium duplicia per anatomen indagata. Tomus II. Lipsiae, 1836. 4. p. 168 fgg.

Eine Beschreibung der Mißbildungen mit Berücksichtigung der Entwickelungsgeschichte giebt W. Vrolik Handboek der ziektekundige ontleedkunde. Deel I. II. Aangeborene Gebreken Amsterdam, 1842. 8. Vergl. auch Bischoff in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1843. 8. S. 880 fgg. Eine ausführliche Zusammenstellung der angebornen Mißbildungen des Herzens und der großen Gefäße nebst den dazu gehörenden Entwickelungsdaten findet sich in: H. Friedberg Die Krankheiten des Herzens und der grossen Gefässe des Menschen nebst Untersuchungen über den Blutumlauf der menschlichen Frucht. Leipzig, 1844. 8. Eine ausführliche Darstellung der erworbenen Leiden des Embryo liefert J. Graetzer Die Krankheiten des Fötus. Breslau, 1837. 8.

1682 Hat sich auch die erste Circulation, der sogenannte Dotterkreislauf ausgebildet, so stehen doch noch nicht die Blutgefäße, welche dem peripherischen Theile der Keimhaut angehören, in mittelbarer Verbindung mit den Capillaren der Gebärmutter. Das Blut der Frucht wird dann durch die beiden A. A. omphalomesaraicae und bald darauf durch einige andere hintere kleinere Zweigchen dem Dotterhofe zugeführt und kehrt aus den Capillaren desselben durch die Vena terminalis und die vorderen und hinteren rücklaufenden Gefäße zu dem Embryo zurück. Wir können uns nach den gegenwärtigen Kenntnissen nur vorstellen, daß hierdurch Substanzen des Inhaltes der Nabelblase der Frucht zugeführt werden. Ist auch selbst der Ductus entericus noch offen, so würde ein unmittelbarer Eintritt der genannten Nahrung in das Darmrohr weniger genützt haben, weil noch keine bedeutende Blutgefäßmasse an ihm ausgebildet ist. Dieses erklärt aber dann die Nothwendigkeit des Dotterkreislaufes. Er sowohl als die kleine Nabelblase können jedoch bald verabschiedet werden, weil das Ei im Uterus reichlicheres Ernährungsmaterial vorfindet.

1683 Ist der Fruchtkuchen entstanden, so empfängt der Embryo sein Blut durch die beiden Nabelarterien, welche im Anfange die Hauptfortsetzungen der Aorta bilden und während des ganzen Uterinallebens eine sehr bedeutende Stärke beibehalten. Hat es in den Capillaren der Placenta foetalis gekreist, so kehrt es durch die Nabelvene zur Frucht zurück. Nun stehen die Zotten des Fruchtkuchens mit den Zwischenräumen des blutgefäßreichen Mutterkuchens in so inniger Verbindung, daß beide nicht ohne Verletzung bei dem Menschen von einander getrennt werden können. Nichts desto weniger aber gehen nicht die Blutgefäße der Mutter in die der Frucht über. Es kommt nur das Fötalblut mit dem Mutterblute in die innigste mittelbare Berührung, so daß sich ein endosmotischer Proceß zwischen beiden mit Leichtigkeit einstellen und die Frucht die Hauptmasse, wo nicht die Gesammtheit seines Ernährungsmaterials auf diese Weise erhalten kann.

Die Verschiedenheiten der Druckverhältnisse, unter welchen beiderlei Blutadern strömen, und andere Einrichtungen bedingen es wahrscheinlicher Weise, daß der Fötus den möglichsten Vortheil aus diesen Verhältnissen zieht. Für den Stoffübergang spricht z. B. die Erfahrung, daß das Blut und die inneren Organe von Kaninchenembryonen Eisencyankalium enthielten, wenn man dieses der Mutter in die Luftröhre eingespritzt hatte (Mayer).

Obgleich nun aber dieser Placentarkreislauf den größten Theil des 1684
Fruchtlebens hindurch und zwar ungefähr von dem Anfange oder der Hälfte des dritten Monates bis zu der Geburt verharrt, so ändern sich doch seine Details fortwährend, weil das Herz und die an ihm befindlichen großen Gefäße anhaltende Metamorphosen erleiden. Wir haben zu einer gewissen Periode desselben eine solche Einrichtung der Circulationswerkzeuge, daß eine Kreislaufsbahn des Blutes durch den Kopf, den Hals und die oberen Extremitäten und eine zweite durch den Rumpf, die unteren Extremitäten und die Placenta mehr oder minder umschrieben wird (Sabatier). Die Blutgefäße der Lungen, welche zuerst in hohem Grade zurücktreten, bilden sich später immer selbstständiger hervor, nehmen immer mehr die rechte Kammer und die linke Vorkammer in Anspruch, während sich die Blutgefäßstämme der oberen mit denen der unteren Körperhälfte inniger vereinigen und beide zusammen die rechte Vorkammer und linke Kammer zu erreichen suchen. Mit einem Worte, es entstehen alle Vorbereitungen, damit die aus der Gebärmutter ausgeschlossene Frucht durch die Lungen athmen und die nöthige strenge Scheidung von Lungen- und Körperkreislauf vornehmen könne.

Unterliegt es nun aber keinem Zweifel, daß die Placenta den Fötus 1685
ernähre, so fehlen uns bis jetzt noch alle näheren Kenntnisse des Athmungsprocesses des Embryo des Menschen und der Säugethiere. Die Allantois nebst ihrem Gefäßüberzuge, dem Endochorem oder dem Analogon des Fruchtkuchens legt sich bei dem Vogel an die Eischaalenhaut an. Es geht, wie directe Versuche lehren, Kohlensäure und Wasser ab, und das Ei verliert sogar hierdurch an Gewicht. Es kann mithin nicht in diesem Falle eine, wenn auch schwache Athmungsausscheidung in Abrede gestellt werden. Die geringe Intensität des Respirationsprocesses erklärt es aber, weshalb sich Arterien- und Venenblut der Früchte so wenig oder oft gar nicht in ihrer Färbung von einander unterscheiden. Das Zusammentreffen beider Verhältnisse kehrt ja auch z. B. bei den Fröschen wieder.

Während noch ein Theil der Absonderungswerkzeuge im Embryo ruht, 1686
ist ein anderer schon von früher Zeit an in lebhafter Thätigkeit begriffen. Die Lungen, die Hoden und wahrscheinlich auch die Thränendrüsen, die Speicheldrüsen, die Prostata, die Cowper'schen Drüsen functioniren nicht oder liefern wenigstens keine so reichlichen eigenthümlichen Secrete als späterhin. Dagegen entwickelt sich die Leber des menschlichen Embryo in sehr bedeutendem Maaße und sondert viel Galle, die in den Darm gelangt, ab. Ihre gefärbten Ueberreste vermischen sich mit losgestoßenen Epithelialgebilden und dem Schleime des letzteren, gehen (wenigstens bei Säugethieren) als Koth, als Kindspech oder Meconium durch den After ab, ge-

langen in das Amnioswasser und werden oft mit diesen vom Fötus von Neuem verschluckt. Eben so secerniren die Wolf'schen Körper, die Vorläufer der Nieren und unzweifelhaft auch die späteren bleibenden Nieren. Endlich liefert die Haut die Käseschmiere (Vernix caseosa), welche den Embryo vor den Einwirkungen des Amnioswassers schützt. Da sie fast gänzlich aus Epidermidalblättchen und Fetttröpfchen besteht, so können wir mit Recht annehmen, daß sie das gemeinschaftliche Produkt der Oberhaut und der Hautdrüsen bildet. Es werden mithin im Fötus Galle, Harn und Hautprodukte geliefert, d. h. die drei vorzüglichsten Excretionsfactoren, welche neben der Athmung auftreten und mit ihr und der Nahrung den Stoffwandel vorzugsweise bedingen, treten schon hier von früher Zeit an auf.

Da das menschliche Ei, sobald der Fruchtkuchen entstanden, keine Allantoisflüssigkeit besitzt, mithin nicht der etwa in die Blase übergeführte Urin durch den Urachus entleert werden kann, so wäre es von Interesse, zu erforschen, ob nicht hier das Amnioswasser Harnstoff, Harnsäure oder Allantoin enthielte. Kämen diese Stoffe im Schafwasser des Menschen, nicht aber in dem der Säugethiere, welche noch eine gesonderte Allontoisflüssigkeit haben, vor, so gäbe dieses einen Fingerzeig, daß der Urin des menschlichen Embryo durch den Canalis uro-genitalis und später die Harnröhre ablaufe und so in die Höhlung des Amnion gelange.

1687 Die Anwesenheit der Amniosflüssigkeit im Vogeleie deutet darauf hin, daß sie auch bei den Säugethieren und dem Menschen nicht von der Gebärmutter, sondern von der Frucht ausgeschieden werde. Jedoch ist es noch unbekannt, auf welche Weise und durch welchen Proceß sie gebildet wird. Als das Natürlichste erscheint die Annahme, daß das Blut des Fötus, indem es sehr viele Festgebilde in die neuen Organe absetzt, eine Quantität eines schwach eiweiß- und salzhaltigen Wassers, welches als Amnioswasser auftritt, frei werden läßt. Es enthält übrigens nach C. Vogt [1]) im sechsten Monate 99,029 %, zu 14 Wochen dagegen nur 97,945 % Wasser und scheint daher mit der Zeit an festen Substanzen ärmer zu werden. Wird es aber auch hin und wieder von dem Embryo verschluckt, so kann es doch kaum bei seiner Verdünnung ein erhebliches Nahrungsmittel für den Fötus abgeben.

1688 Die Thätigkeiten der Thymus und der Nebennieren, die beide im Fötus verhältnißmäßig stark entwickelt erscheinen, sind eben so unbekannt als die der Schilddrüse und der Milz im Erwachsenen. Haugsted suchte die Thymus als ein Assimilationsorgan der Milch zu betrachten, weil sie nicht bei dem Fötus, sondern erst bei dem Säuglinge ihre Maximalgröße erreicht. Ueber diese und die anderen in dieser Beziehung aufgestellten Hypothesen, von denen aber keine sicher begründet werden konnte, siehe meine Entwickelungsgeschichte S. 510. Bischoff Entwickelungsgeschichte S. 526.

1689 Schon die Kindsbewegungen lehren, daß der Fötus von dem fünften Monate an die rothen Muskeln seines Körpers in ausgedehntestem Maaße zusammenzuziehen im Stande ist. Das Herz beginnt sogar seine Schläge, wenn es selbst noch die Schlauchform besitzt, mithin kurz nach der Indi-

[1]) Müller's Archiv, 1837. S. 69.

vidualisation des Embryo. Seine ersten Contractionen sind, wenigstens bei dem Hühnchen, wurmförmig und erinnern in dieser Hinsicht an die Pulsationen mancher Insectenherzen. Sie erscheinen bei Fischen, ehe noch ein peripherischer Kreislauf sichtbar wird, und treten schon bei Vögeln mit bedeutender Lebhaftigkeit hervor, wenn an ihnen selbst noch lange keine quergestreifte Muskelfasern oder überhaupt vollständig isolirte Fasern mit Sicherheit nachgewiesen werden können. Die Zeit, wann die Thätigkeit der Sinne und der höheren Geistesvermögen der Frucht anfängt, ist noch unbekannt. Die Lebensfähigkeit des Fötus außerhalb der Gebärmutter, welche mit dem siebenten Monate zu beginnen scheint, hängt nicht sowohl von ihnen, als vorzugsweise davon ab, ob die Lungen schon so weit entwickelt sind, daß sie eine selbstständige und genügende Luftathmung unterhalten können.

Geburt und Wochenbett. — Das Kind liegt meistentheils schon 1690
vor den ersten Schwangerschaftsmonaten mit seinem Kopfe nach unten. Dieses Verhältniß kann wenigstens bei dem Menschen mit der asymmetrischen Einfügung des Nabelstranges, mittelst welcher die obere Hälfte der Frucht ein größeres Gewicht erhält, in Beziehung gebracht werden. Wir treffen dann die Frucht zur Zeit der regelrechten Geburt so gelagert, daß ihr Hinterhaupt dem Gebärmuttermunde zunächst erscheint und das Gesicht nach hinten, der Rücken dagegen nach vorn gekehrt ist. Hände und Füße beugen sich, so wie es der Raum gestattet. Diese Kopflagen, bei welchen die Mechanik der Geburt am leichtesten von Statten geht, sind so häufig, daß sie z. B. unter 1000 von Desormeaux beobachteten Fällen 962 Mal vorkamen. Die kleine Fontanelle ist dann in der Regel nach links und die Pfeilnaht nach dem Querdurchmesser des Beckens gerichtet, so daß das rechte Scheitelbein am meisten vorliegt. Nur ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ der Kopflagen bedingt den umgekehrten Fall, daß die rechte Fontanelle nach links gerichtet ist und sich zunächst das linke Scheitelbein darbietet.

Während aber die erwähnten Scheitellagen die wahre Norm darstellen, können auch noch Gesichtslagen vorkommen, ohne daß hierdurch eine wesentliche Beschwerde bei der Geburt hervorgerufen wird. Vorzugsweise gilt dieses von den sogenannten secundären, d. h. denjenigen Fällen, in welchen im Anfange ein Theil des Scheitels vorlag, das Gesicht des Kindes dagegen später zuerst aus den Geschlechtstheilen austritt. Jedoch kommen auch oft Gesichtsgeburten leicht zu Stande, sobald nur nicht die Wässer zu früh ablaufen und sich die Gebärmutter in tetanischem Krampfe um den Embryo herumlegt.

Etwas Aehnliches gilt von den Steißgeburten. Die Nates werden dann, wenn man das Ganze der Natur überläßt, mit den nach oben geschlagenen Füßen zuerst durchgepreßt. Diese Geburtsweise hat aber leicht den Nachtheil, daß die Nabelschnur nicht selten einen so bedeutenden Druck erfährt, daß der Kreislauf des Fötus stockt. Oft fehlt zuletzt auch die Kraft, den stärksten Theil, nämlich den Kopf hindurchzutreiben, so daß dann hier die Kunsthilfe einschreiten muß.

Endlich unterscheidet man noch vollkommene oder unvollkommene Fußlagen, je nachdem sich einer oder beide Füße vor dem Gebärmuttermunde

befinden oder durch denselben hervorzutreten suchen. In dem ersteren Falle zeigt sich nicht selten die Eigenthümlichkeit, daß sich die Stellung während der Fortdauer des Geburtsgeschäftes verändert und sich z. B. das Ganze bald zu einer Steißgeburt umgestaltet. Die alten Aerzte bezeichneten solche Fußlagen mit dem Namen des Partus agrippinus sive agripparum.

Die Ursachen dieser abweichenden Verhältnisse sind noch nicht genau ermittelt und variiren unzweifelhaft nach Verschiedenheit der Verhältnisse.

Was die Häufigkeit der verschiedenen Lagen betrifft, so gruppiren sie sich nach den von Desormeaux [1]) gesammelten 1000 Fällen in procentigen Werthen folgendermaßen:

Vorliegender Theil und Verhältniß zum Becken.	Procente.	Vorliegender Theil und Verhältniß zum Becken.	Procente.
Der Fötus von oben nach unten gerichtet.	99,60	Quere Lage des Hinterhauptes.	0,40
Die Frucht quer gelagert.	0,40	Gerade Lage desselben.	0,10
Vorlage des Kopfes.	96,70	Hinterhaupt schief nach vorn.	94,70
Desgl. des Rumpfes.	2,90	Desgl. und zwar nach links.	76,80
Desgl. des Hinterhauptes.	96,20	Desgl. und zwar nach rechts.	17,90
Desgl. des Gesichtes.	0,50	Hinterhaupt schief nach hinten.	1,00
Desgl. des Steißes.	1,70	Desgl. und zwar nach rechts.	0,60
Desgl. des Fußes.	1,20	Desgl. und zwar nach links.	0,40
Schiefe Lage des Hinterhauptes.	95,70		

Wenn Steißgeburten nach den Erfahrungen mancher Geburtshelfer vor dem siebenten bis achten Monate häufiger vorkommen sollen, so scheint dieses eher durch die dann Statt findende Conformation des Uterus, als in einer ursprünglich umgekehrten Lage der Frucht bedingt zu sein.

1691 Während die Gebärmutter die zehn Mondsmonate der Schwangerschaft hindurch das Ei ruhig verträgt und sich sogar seinem Wachsthume gemäß vergrößert, ist sie es vorzüglich, welche die Austreibung desselben bei der Geburt vermittelt. Dieses geschieht durch periodisch eintretende und nachlassende, sehr kräftige Contractionen, welche mit heftigen Schmerzensgefühlen der Mutter verknüpft sind und die man daher mit dem Namen der Wehen bezeichnet. Obgleich sie noch von anderen Druckkräften in der Regel unterstützt werden, so können sie doch schon allein den Geburtsact vollenden. Die Schmerzen, welche sie begleiten, sind nur eine Nebenerscheinung, und eine Frau z. B., der das Rückenmark in der Gegend der unteren Brustwirbel zerstört worden, ist im Stande, ein normales Kind, ohne das geringste Gefühl davon zu haben, zu Tage zu fördern. Wesentlich dagegen ist die durch die Verkürzung der Muskelfasern bedingte Veränderung des Cohäsionszustandes der Gebärmutter. Vorzüglich der Grund

[1]) C. F. Burdach die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Zweite Auflage. Bd. III. Leipzig, 1838. 8. S. 45.

derselben fühlt sich während der Contraction hart an und tritt als ein festerer kugeliger Körper nach den Bauchdecken hervor. Die Umgebung des Gebärmuttermundes zeigt diese Veränderungen nicht, oder wenigstens auf keine auffallende Weise.

Die Wehen bilden eine selbstständige Thätigkeit des Uterus, welche nicht etwa bloß durch den mechanischen Reiz des Eies veranlaßt werden. Dieses erhellt daraus, daß sie bisweilen auch bei Extrauterinalschwangerschaften und natürlich ohne ihr gewöhnliches Resultat auftreten.

Manche Frauen bieten schon einzelne eigenthümliche Vorboten vor 1692 dem Eintritte der ersten Wehen dar. Hierher gehören z. B. ein leichtes Frösteln, das Gefühl vermehrter Wärme im Körper oder auch nur in den Geschlechtstheilen, ödematöse Anschwellungen der äußeren Schaamlefzen, vermehrte Absonderung in den äußeren Genitalien, eine bedeutendere Oeffnung des Scheideneinganges, Einsinken des Leibes, Schiefstellung des Muttermundes nach hinten und oben, größere Schwierigkeit, den Kindestheil zu fühlen, und häufigerer Drang, den Urin und den Stuhlgang zu entleeren. Jedoch können auch alle diese Zeichen dergestalt mangeln, daß die Frau von den ersten Wehen wachend oder schlafend im strengsten Sinne des Wortes überrascht wird.

Der Eintritt des Geburtsactes beginnt mit den sogenannten Vor- 1693 wehen oder Neckwehen (Dolores praesagientes), d. h. noch verhältnißmäßig schwachen Zusammenziehungen der Gebärmutter, welche auch mit geringern Schmerzen verbunden sind und in größeren Zwischenräumen von ungefähr 10 Minuten bis ¼ Stunde und mehr auftreten. Die Scheide wird zu gleicher Zeit wärmer und stärker geöffnet. Ihre Schleimhaut sondert eine stets bedeutender werdende Menge eines zäheren Schleimes ab. Die etwa noch vorhandenen Reste der Vaginalportion der Gebärmutter verstreichen immer mehr. Sie steht dabei hoch nach oben und hinten, so daß sie nur schwer durch den eingeführten Finger erreicht werden kann.

Diese Vorwehen hören nur in seltenen und zum Theil krankhaften 1694 Fällen wiederum gänzlich auf, so daß die Frau selbst mehrere Tage lang gar keine Beschwerden empfindet, bis endlich der Geburtsact von Neuem beginnt. Sonst dagegen werden die von dem Halstheile nach dem Grunde der Gebärmutter fortschreitenden [1]) Zusammenziehungen derselben und die Schmerzen, die auch im Kreuze hervortreten, immer bedeutender und kehren auch in stets kürzeren Zeiträumen wieder. Es bilden sich auf diese Weise die vorbereitenden Wehen (Dolores praeparantes). Die Frau wird schon weit unruhiger und ungeduldiger, wirft sich auf ihrem Lager herum, sucht Erleichterung durch Aufstehen und Herumgehen, hat häufiger das Bedürfniß, Stuhl und Urin zu entfernen, entleert aber nur geringe Mengen dieser Excrete oder macht sogar ganz vergebliche Anstrengungen dazu. Ihr Gesicht röthet sich von Zeit zu Zeit; der Durst vermehrt sich; es erzeugen sich leicht Uebelkeiten, Aufstoßen, Würgen, Erbrechen. Der meist kleine Puls klopft bald schneller, bald langsamer. Nicht selten duftet

---

[1]) Kilian a. a. O. Th. I. S. 239.

die Haut von Schweiß. Der Muttermund erweitert sich im Anfange langsam, später dagegen schneller. Chorion und Amnion mit einem Theile des vor dem Kopfe hinabgetriebenen Schafwassers, welches in der Folge als das sogenannte erste Wasser entleert wird, drängen sich im Augenblicke der Wehe in Form eines Halbkugelsegmentes vor und weichen wiederum nach dem Aufhören derselben zurück. Man sagt dann, daß sich die Blase stelle. Dabei weicht jedesmal der Kindeskopf zurück. Der Scheidenschleim wird immer reichlicher. Enthält er Blutstreifen, so nennt man dieses die rothen Zeichen.

1695 Ist der Muttermund hinreichend, d. h. ungefähr in einem Durchmesser von ungefähr 2 Zoll oder etwas mehr geöffnet und dauern die Wehen mit gehöriger Kraft fort, so tritt die Blase auch außerhalb der Wehezeit prall hervor, ist, wie man sich ausdrückt, sprungfertig und reißt dann endlich während einer Wehe durch. Dieser Act des Blasensprunges hat das Auslaufen einer verhältnißmäßig geringen Menge von Amniosflüssigkeit zur Folge. Der Kindskopf tritt mehr nach dem Gebärmuttermunde vor und der Uterus umschließt die Frucht, die sich bisweilen von nun an nicht mehr bewegt, genauer. Nach einer kürzeren oder längeren Zeit der Ruhe kommen nun die stärksten, die eigentlichen Wehen (Dolores ad partum) rasch hinter einander. Die Frau wird immer aufgeregter, hat stets heftigeren Drang, Stuhl und Urin zu entleeren, schreit lauter, schwitzt, wird im höchsten Grade ungeduldig, verzweifelt an der Möglichkeit, das Geburtsgeschäft zu beendigen, verwünscht bisweilen ihr früheres eheliches Verhältniß und bittet sogar nicht selten sie zu tödten, da sie ja doch unterliegen müsse. Die Bauchpresse und der Apparat der Athemmuskeln wird bei jeder Wehe in immer ausgedehnterem Maaße zu Hilfe gezogen. Die Kreißende stemmt sich unwillkürlich mit ihren Extremitäten an benachbarte Körper, umfaßt die ihr dargebotene Hand krampfhaft und fleht dringend, ihr zu helfen, wenn Hilfe noch möglich sei. Ihr Schreien wird immer lauter und die Töne, welche sie in dem Culminationspunkte der Wehen hervorbringt, gehören zu den höchsten, die das menschliche Stimmorgan zu erzeugen im Stande ist. Mit der größten Ungeduld erwartet sie das Ende ihrer Leiden, frägt jeden Augenblick, ob nicht sogleich das Geburtsgeschäft aufhören werde, und Muthlosigkeit und Verzweiflung sind die fortwährenden Begleiter aller ihrer geistigen Thätigkeiten.

1696 Der Kopf des Kindes wird während dieses Sturmes mit seinem größten Umfange in den Gebärmuttermund hineingetrieben und befindet sich dann, wie man sich ausdrückt, in der Krönung. Die nächste starke Wehe treibt ihn gänzlich durch. Die Umgebungen des Muttermundes reißen bei dieser Gelegenheit und zwar am stärksten bei Erstgebärenden ein. Es geht hierdurch etwas Blut verloren. Die Blutung verstärkt sich aber noch etwas, wenn sich gleichzeitig der Fruchtkuchen von der Gebärmutter theilweise loslöst. Nachfolgende Wehen pressen ihn mit Gewalt durch die Scheide. Das verdünnte Mittelfleisch spannt sich und tritt halbkugelig hervor. War früher der etwa in der Blase vorhandene Urin unwillkürlich herausgetreten, so werden jetzt die im Mastdarme liegenden Kothmassen hervorgepreßt. Das Mittelfleisch und die Schaamlefzen dehnen

sich immer mehr aus und drohen nicht selten einzureißen. Die eben geschilderten Qualen der Mutter und ihre unwillkürlichen Gegenanstrengungen durch Stemmen, Pressen und Schreien erreichen ihren höchsten Grad. Der Druck auf das Hüftgeflecht veranlaßt heftige Schmerzen und Zuckungen in den Schenkeln. Die Frau schwitzt am ganzen Körper, ihre Augen glänzen, ihr Gesicht ist geröthet, die schwere Arbeit absorbirt alle ihre Fähigkeiten. Von Zeit zu Zeit lauft etwas reines oder mit Blut gemischtes Amnioswasser ab. Die heftigsten Wehen, die sogenannten Schüttelwehen, folgen Schlag auf Schlag. Der Kindskopf rückt der Scheidenöffnung immer näher. Endlich erscheint das Hinterhaupt frei, der Kopf schneidet ein, wird während des schmerzhaftesten Augenblickes mit seinem größten Durchmesser zum Scheidenausgange herausgetrieben und läßt das Gesicht mit einem schnellen schmerzloseren Rucke unmittelbar folgen.

Da er ohne Accommodation gegen die Beckendurchmesser entweder gar 1697
nicht oder nur sehr beschwerlich vordringen könnte, so macht er auf diesem seinen beschwerlichen Wege mehrere Drehungen. Er wird nämlich, sobald er in die Krönung tritt, zusammengepreßt. Die Scheitelbeine und das Hinterhauptsbein schieben sich gegen einander. Das Hinterhaupt wird hierdurch länger und schmäler. Verzögert sich die Geburt, so faltet sich die Haut desselben, schwillt an und bildet die sogenannte Kopfgeschwulst (Caput succedaneum). Befindet sich der Kopf in der Krönung, so steht er noch im schiefen Beckendurchmesser und liegt zugleich selbst in Bezug auf seinen Längen- und Querdiameter schräg, so daß größtentheils die rechte Hälfte am Hinterhaupte und vorzüglich dem Scheitel frei wird. Jenes begiebt sich dann nach dem Durchgange durch den Muttermund hinter die Schaambeine und das Gesicht nach der Aushöhlung des Kreuzbeines. Indem nun später der im schiefen Durchmesser befindliche Rumpf nachdrängt, gleitet das Hinterhaupt herab, wird, während der Nacken an der Symphyse liegt, von den Schaambogen festgehalten und dient dann als Stützpunkt, damit das Gesicht an dem Mastdarm und dem Kreuzbeine leicht hinuntergeht. Der Kopf liegt später bei dem Einschneiden dergestalt, daß sich die Pfeil- und die Stirnnaht in der Länge der Schaamspalte, die große Fontanelle gegen die Klitoris und die Stirn am Damme befinden [1]). Er wendet sich endlich während des Durchschneidens durch die möglichst ausgedehnten, kartenblattdünnen Umgebungen der Schaamspalte oder unmittelbar nach diesem Acte dergestalt, daß das Gesicht nach der inneren und hinteren Seite des rechten Oberschenkels der Mutter sieht. Diese Drehung rührt von der Stellung der Schultern, die nun den schiefen Beckendurchmesser einnehmen, her. Die rechte sieht nämlich dann nach der rechten Schaam-Darmbeinverbindung, die linke nach der linken Heiligbein-Darmbeinsymphyse. Jedoch zeigen gerade diese Rotationsverhältnisse selbst bei regelmäßigen Geburten sehr viele Abweichungen, die wahrscheinlich von der Beschaffenheit des Beckens, der Lage und Stellung der Gebärenden und den Verhältnissen des Kindes abhängen.

---

[1]) C. F. Burdach a. a. O. S. 66.

1698 Ist der Kopf geboren, so ruhen die Wehen eine oder mehrere Minuten, treten dann aber wieder ein, um den Rumpf hervorzupressen. Die Schultern kommen mit weit geringerer Mühe hervor. Sie dringen dergestalt durch, daß die eine und zwar in der Regel die rechte hinter oder unter der Schaambeinsymphyse hingeht. Rumpf und Extremitäten folgen leicht, und die größte Menge des Amnioswassers stürzt sogleich nach. Der Uterus zieht sich sehr stark zusammen und liegt mit seinem Grunde in der Nähe des Nabels. Die Frau ist von ihren Schmerzen befreit und ruht von ihrer Arbeit aus. Nach einiger Zeit erscheinen neue, jedoch schmerzlosere Wehen, welche den Fruchtkuchen bei den ungehinderten Zusammenziehungen des Uterus von diesem losreißen und austreiben. Die Placenta zeigt sich in der Vagina und zwar so umgelegt, daß sie ihre von dem Amnion überzogene Fläche nach der Scheide hinwendet. Sie tritt entweder von selbst hervor oder wird durch einen leisen Zug am Nabelstrange herausbefördert. Mit ihr kommen die Eihäute oder die gesammte Nachgeburt und bisweilen der Rest des Amnioswassers. Ein mehr oder minder bedeutender Strom theils geronnenen, theils flüssigen Blutes stürzt nach. Die Gebärmutter verkleinert sich noch mehr und das Geburtsgeschäft ist auf diese Weise beendigt.

1699 Die Mutter, welche sich schon während der Lösung der Nachgeburt merklich erholt hat, wird in der Regel bald, nachdem sie zu Bett gebracht worden, von Schüttelfrost und Zähneklappern befallen. Ihr Gesicht wird nicht selten blaß; die Gesichtsmuskeln zucken, die Augen verdrehen sich bisweilen. Die Haut fühlt sich kalt an. Ist dieses vorüber, so erhalten auch die geistigen Kräfte eine andere Richtung. Wie der Mensch überhaupt ein schwaches Gedächtniß für überstandene Schmerzen hat, so sind auch jetzt die Leiden des Gebäraktes größtentheils vergessen. Die Frau ist ruhig, freut sich über den Neugebornen und wendet sich mit Liebe zu dem Vater des Sprößlings, den sie nicht selten während der Akme der Geburtsschmerzen von sich gestoßen. Ein allgemeiner Schweiß bricht nach und nach hervor. Der Uterus verkleinert sich immer mehr; von Zeit zu Zeit geht eine Quantität Blut durch die Scheide ab und die bloße Ruhe oder der eintretende Schlaf erquicken die Wöchnerin auf sichtliche Weise.

1700 Die vorzüglichsten Erscheinungen, welche das normale Wochenbett begleiten, werden dadurch bedingt, daß der Uterus zu seinem früheren Zustande zurückzukehren sucht und der Ueberschuß der Blutmasse, welcher nicht unmittelbar aus ihm abfließt, zu anderen Secreten verwendet wird. Die Frau schwitzt daher leicht und athmet wahrscheinlich auch mehr als früher. Die Mengen des Harnes dagegen zeigen sehr viele Verschiedenheiten, während, was den Stuhl betrifft, eher Verstopfung als Diarrhö eintritt.

1701 Der nächste Wirkungskreis gehört noch der Gebärmutter an. Indem sie sich in den ersten Tagen von Zeit zu Zeit zusammenzieht, entstehen die Nachwehen, die im Allgemeinen mit den ächten Wehen in einem gewissen umgekehrten Verhältnisse stehen, d. h. sie sind bei Erstgebärenden schwächer als bei Frauen, die zum zweiten, dritten Male niedergekommen,

während die ächten Wehen bei diesen leichter als bei jenen auszufallen pflegen. Die erste Zeit nach der Geburt geht eine Menge theils geronnenen, theils flüssigen Blutes ab. Es wird später mehr theerartig und übelriechend und kann sogar ätzende Eigenschaften erhalten. Die Reste der Decidua werden wahrscheinlich in dieser Zeit mit ausgestoßen. Später ist der Abgang flüssiger und heller, hat anfangs die Farbe von Fleischwasser und erhält zuletzt eine schleimige Beschaffenheit. Man nennt diesen Ausfluß die Wochenbettreinigung oder die Lochien und unterscheidet demgemäß blutige, seröse und weiße Lochien. Sie enthalten nach Stannius und Scherer in den ersten zwei Tagen des Wochenbettes fast reines Blut mit normalen Blutkörperchen. Am dritten Tage zeigen sich neben ihnen veränderte oder unveränderte Exsudat- oder Schleimkörperchen. Jene ersteren bedingen auch noch in der Folge die röthliche Farbe, während die letzteren einen großen Einfluß auf die spätere Consistenz der Lochien ausüben. Immer führen sie Epithelialblättchen, deren Menge jedoch in hohem Grade wechselt.

Die rothen Lochien dauern durchschnittlich bis zum 3ten bis 4ten, die serösen roth gefärbten bis zum 10ten bis 11ten Tage und die weißen 1 bis 1½ Monate lang fort. Jedoch unterliegen diese Verhältnisse selbst bei sonst gesunden Frauen einem sehr bedeutenden Wechsel.

Die vergleichenden Analysen von Scherer[1]) geben eine gute allgemeine Uebersicht des Wechsels der Zusammensetzung der Lochien je nach Verschiedenheit der Tage des Wochenbettes. Vier Wöchnerinnen, die keine krankhaften Symptome darboten, führten in dieser Beziehung zu folgenden Resultaten.

Tag des Wochenbettes.	Bestandtheile der Lochien.	Frau.	19jähriges Individuum.	Frau.	Mehrgebärende.
Erster.	Wasser.	74,00	—	83,34	83,01
	Fester Rückstand.	26,00	—	16,66	16,99
	Aschenbestandtheile.	—	—	0,70	0,987
Zweiter.	Wasser.	81,22	—	81,58	81,74
	Fester Rückstand.	18,78	—	18,42	18,26
	Aschenbestandtheile.	0,935	—	1,31	1,054
Dritter.	Wasser.	76,00	88,40	—	86,70
	Fester Rückstand.	24,00	11,60	—	13,30
	Aschenbestandtheile.	1,22	1,28	—	0,894
Vierter.	Wasser.	80,90	—	—	89,872
	Fester Rückstand.	19,10	—	—	10,128
	Aschenbestandtheile.	0,95	—	—	1,427
Fünfter.	Wasser.	90,65	90,33	87,96	—
	Fester Rückstand.	9,35	9,67	12,04	—
	Aschenbestandtheile.	—	1,06	1,106	—

[1]) J. J. Scherer Chemische und mikroskopische Untersuchungen zur Pathologie, angestellt an den Kliniken des Julius-Spitals in Würzburg. Heidelberg, 1843. 8. S. 131 fgg.

Tag des Wochenbettes.	Bestandtheile der Lochien.	Frau.	19jähriges Individuum.	Frau.	Mehrgebärende.
Sechster.	Wasser.	92,40	93,20	—	—
	Fester Rückstand.	7,60	6,80	—	—
	Aschenbestandtheile.	0,82	0,80	—	—
Siebenter.	Wasser.	—	94,72	—	—
	Fester Rückstand.	—	5,28	—	—
	Aschenbestandtheile.	—	0,98	—	—
Achter.	Wasser.	—	96,57	—	—
	Fester Rückstand.	—	3,43	—	—
	Aschenbestandtheile.	—	0,98	—	—

Die Lochien werden mithin immer wässeriger. Der Verlust ihres festen Rückstandes bezieht sich aber im Allgemeinen mehr auf die organischen als die anorganischen Bestandtheile. Dieses relative Vorherrschen der letzteren bildet, wie wir §. 472 sahen, ein charakteristisches Merkmal der serösen Absonderungen, zu denen sich die Lochien bei ihrem Rücktritte gestalten. Die Einführung frischer Lochien von dem dritten Tage nach der Geburt in eine Wunde des Kaninchens erzeugte nach Scherer örtliche brandige Zerstörung, allgemeine Vergiftung und bald darauf den Tod.

1702 Die Brüste, welche schon während der Schwangerschaft vorbereitet, wurden und meistentheils selbst vor der Geburt eine geringe Menge Secretes lieferten, werden allmälig nach derselben der Hauptort der Congestion, die sich immer mehr von den Geschlechtstheilen ableitet. Sie schwellen vorzüglich vom dritten Tage des Wochenbettes an bedeutend auf liefern ein immer reichlicheres und mit mehr Proteinkörpern und Fett versehenes Secret und richten sich auf diese Art ein, auch später dem Säuglinge in den ersten Monaten seines Lebens die passendste und für ihn kräftigste Nahrung zu liefern. Ihre bedeutendere Anschwellung an dem dritten Tage nach der Geburt erzeugt häufig Stiche in ihnen, Schmerzen in den benachbarten Achseldrüsen oder eine selbst allgemeinere fieberhafte Aufregung, das sogenannte Milchfieber, welches jedoch keineswegs, sogar in seiner gelindesten Form, einen Begleiter des normalen Wochenbettes bildet. Indem aber die reichliche Blutmasse der Frau einen Ausführweg durch die Brüste findet, vermindern sich zuerst die Wochenbettschweiße. Später bleiben die Regeln aus, weil die Brüste mit ihrer anhaltenden Ausscheidung das Gleichgewicht des weiblichen Körpers ohnedies herstellen. Der erneuerte Eintritt der Katamenien oder der Schwangerschaft, ja selbst oft die bloße Ausübung des Beischlafes unterbrechen das Säugungsgeschäft oder stören es wenigstens sogleich in hohem Grade, so daß der Säugling bei fernerem Gebrauche der Milch wesentlich gefährdet werden kann.

1703 Nachembryonale Entwickelung. — So lange sich die Frucht im Mutterleibe befindet, empfängt sie nicht nur das zu ihrem Wachsthume nöthige Material aus dem Blute der Mutter, sondern wird auch vielen anderen Einwirkungen derselben ausgesetzt. Ist z. B. der Uterus krampfhaft zusammengezogen oder greifen andere störende Wirkungen ein, so

wird sie leicht in ihrer Entwickelung gehemmt. Eine Extremität z. B. bleibt in ihrer Ausbildung zurück; es erhalten sich andere Bildungshemmungen oder es entsteht Atrophie, Wassersucht u. dgl. So wenig nun zwar Einwirkungen der Art bezweifelt werden können, so sehr schwindet jedoch die Grundlage der so vielfachen angeblichen Beobachtungen von sogenanntem Versehen der Schwangeren vor einer gebührenden Kritik. Die meisten Erzählungen der Art beruhen auf Kenntnißlosigkeit der Entwickelungsgeschichte, auf Leichtgläubigkeit und Aberglauben, die je geringer das Wissen, um so eher Fuß fassen. Wenn sich z. B. der Erzählung nach eine Frau im vierten oder fünften Monate an einem Amputirten versieht und dann ein Kind, dem eine Extremität fehlt, zur Welt bringt, so ergiebt sich die Nichtigkeit des Versehens schon daraus, daß die Hände und Füße in der ersten Hälfte des dritten Monates ihre morphologische Vollendung erreichen. Eben so wenig beruhen die Bildungen von Telangieektasieen, Flecken u. dergl. an Stellen der Frucht, die besonderen afficirten Punkten der Mutter entsprechen, auf irgend ersichtlichen physiologischen Gründen. Die Phantasie der Mutter kann dadurch nachtheilig wirken, daß sie krankhafte Zusammenziehungen des Uterus und eine schlechte Ernährung bedingt. Die meisten Mißbildungen, welche nicht etwa auf erblichen Fehlern beruhen, rühren von Frauen her, die in schlechten Ehen sehr gedrückt und in Sorgen leben oder an vielfachen Krampfbeschwerden leiden. Allein zwischen diesen erklärlichen Verhältnissen und den mysteriösen Erscheinungen des Versehens liegt eine Kluft, welche kein mit der Entwickelungsgeschichte vertrauter und streng prüfender Arzt, wenigstens für die meisten Fälle auszufüllen im Stande ist.

Die Geburt erlöst die Frucht von diesem unmittelbaren mütterlichen 1704
Einflusse und macht sie insofern selbstständig, als der Neugeborene eben so gut in der freien Welt wie der Erwachsene leben kann. Allein die Nothwendigkeit der natürlichen Milchnahrung und seine Unbehilflichkeit ketten ihn noch an die Mutter oder andere Erwachsene. Seine vollkommene Emancipation von diesen Banden tritt erst später mit der größeren Kraftentwickelung seines Körpers und Geistes hervor.

So wie das Kind während oder nach der Geburt mit der Atmosphäre 1705
in Berührung kommt, bildet die Einleitung der Luftathmung die erste Handlung, welche es zur Fristung seines Lebens vornehmen muß. Es beginnt mit tiefen Respirationsbewegungen, mit Schreien seine Existenz, damit die erste Oxydation seines Blutes in den Lungen das verlängerte Mark anrege und nun jene wichtige Thätigkeit das ganze Leben hindurch fortdauere. Der Placentarkreislauf wird, so wie diese Athmung eingeleitet worden, überflüssig. Die Nabelarterien hören nach und nach zu klopfen auf, und wir können die Unterbindung der Nabelschnur, die früher das Leben des Kindes aufgehoben haben würde, ungehindert vornehmen.

Die Ursache des ersten Athmens läßt sich bis jetzt noch nicht mit 1706
Sicherheit angeben. Jedoch wird der Reiz der Atmosphäre selbst als die Veranlassung desselben mit vieler Wahrscheinlichkeit betrachtet. Da die

Frucht bis jetzt in dem Amnioswasser geschwommen, so muß die Veränderung des sie umgebenden Medium, die Haut, wenn sie auch von Käseschmiere und anderen Unreinigkeiten überzogen ist, afficiren und auf dem Wege des Reflexes Athembewegungen erzeugen. Wir beleben auch ein Kind, das scheintodt zur Welt kommt, durch Hautreize, wie Reiben, Klopfen, Anspritzen von kaltem Wasser, Aether, Einsetzen in ein warmes Bad u. dgl. Dieser Reiz der Atmosphäre kann natürlich schon in Ausnahmsfällen während der Geburt einwirken und so das Schreien des Kindes in der Gebärmutter, den Vagitus uterinus, erzeugen. Wenn Säugethierfrüchte, die noch in den Eihäuten und der Amniosflüssigkeit eingeschlossen sind, Athembewegungen machen, so läßt sich als Ursache der Erscheinung denken, daß das Schaafwasser Luft absorbirt. Solche Bewegungen bilden aber dann noch keine Nothwendigkeit. Dauert der Placentarkreislauf fort, so stehen sie oft von selbst still und erneuern sich, so wie man die Nabelschnur zusammendrückt (Carus). Daß aber das Athmungsbedürfniß einzelner Säugethiere in den ersten Zeiten nach der Geburt eine geringere Intensität als später habe, zeigen die von Haller, Buffon, Roose und Joh. Müller gemachten Erfahrungen, daß neugeborene Hunde selbst nicht durch einen mehrstündigen Aufenthalt in lauem Wasser ersticken.

1707 Die von nun an fortdauernde Lungenathmung wird in ihren nothwendigen Wirkungen in höherem Maaße dadurch gesichert, daß sich Lungen- und Körperkreislauf im Laufe der ersten Lebenszeit schärfer von einander sondern. Das eirunde Loch und der Botallische Gang schließt sich, so daß alle directen Verbindungen zwischen dem rechten und dem linken Herzen, der Lungenarterie und der Aorta aufhören. Die unbrauchbar gewordenen Nabelarterien, die Nabelvene und der venöse Gang des Arantius verwandeln sich, gleich dem Urachus, der früher schon oblitterirte, in dichte Faserbänder.

1708 Wird das neugeborene Kind, nachdem es seine Athmung eingeleitet hat und von den Unreinigkeiten seiner Haut befreit worden, sich selbst überlassen, so besteht sein erstes Geschäft darin, eine Reihe von Stunden zu schlafen, sei es, daß es hierdurch nur sein früheres Leben fortsetzt oder daß die Anstrengungen bei der Geburt und der ungewohnte Reiz der Luft eine wohlthätige Betäubung veranlassen. Die Mutter gewinnt hierdurch nicht nur Zeit zur Erholung, sondern auch die Brüste können indeß etwas mehr Milch absondern. Später nimmt der Säugling die erste Mutternahrung, entfernt Urin und Stuhl und zeigt nur noch bisweilen die Eigenthümlichkeit, daß er sich in seinen ersten Lebenstagen stärker häutet, so daß die Fragmente seiner Oberhaut in Form reichlicher Klaien in seiner Wäsche gefunden werden.

1709 Die erste Milch, welche er erhält, das sogenannte Colostrum, bildet für ihn kein bloßes Nahrungs-, sondern auch ein Abführungsmittel, weil es verhältnißmäßig mehr Salze als später enthält, nichts desto weniger aber mehr feste Stoffe und selbst mehr Casein, Zucker und Butter als in der Folge besitzen kann. Dieses ergiebt sich z. B. aus folgenden verglei-

chenden Analysen, welche von F. Simon [1]) an der Milch einer und derselben Frau angestellt worden sind.

Tag nach der Niederkunft.	Procentiger Gehalt der Milch an				
	Wasser.	Käsestoff.	Zucker.	Butter.	feuerbeständigen Salzen.
2, noch kein Milchfieber.	82,80	4,00	7,00	5,00	0,316
17	83,38	1,96	5,76	3,14	0,166
136	87,36	4,00	4,60	3,70	0,270

Wir sehen aber zugleich hieraus, daß diese erste Milch schon eine sehr reichhaltige Menge nährender Substanzen führt. Sie zeigt zwar unter dem Mikroskope außer den charakteristischen Milchkörperchen eine bedeutende Menge eigenthümlicher Gebilde, die sogenannten Colostrumkörperchen. Allein diese stellen kein sicheres Zeichen des Colostrum dar, weil sie sich noch häufig, wenn auch in geringerer Menge, in der späteren Milch vorfinden.

Die drei Hauptkörper, welche in der Milch enthalten sind, der Käse- 1710
stoff, der Zucker und die Butter, bilden, wie man sieht, eine für das Kind sehr geeignete Verbindung von stickstofflosen und stickstoffhaltigen Substanzen. Obgleich nun zwar die Zusammensetzung der Milch nach Verschiedenheit der Frauen und der äußeren Verhältnisse in hohem Grade wechselt, so scheint sie sich doch noch im Laufe der Zeit bei jeder gesunden Amme nach dem Bedürfniß des Säuglings zu verändern. Daher auch nicht eine junge Amme für ein älteres Kind, und umgekehrt, paßt. Zucker und Butter erreichen nämlich im Colostrum ihr Maximum, während sich dessenungeachtet der Käsestoff auf seiner Minimalstufe befindet. Er vermehrt sich dagegen in der Folge, schwankt jedoch dann zwischen ziemlich bedeutenden Grenzen. Umgekehrt nehmen Zucker und Butter ab. Die näheren Belege hierfür, die sich jedoch nur auf die frische Milch im Ganzen, nicht aber auf ihren festen Rückstand allein beziehen, liefern folgende Zahlen, welche von F. Simon bei der Analyse einer und derselben Frau erhalten worden:

[1]) F. Simon Die Frauenmilch nach ihrem chemischen und physiologischen Verhalten dargestellt. Berlin, 1838. 8. S. 8.

Tag nach der Niederkunft.	Specifisch. Gewicht der Milch.	Procentiger Gehalt der frischen Milch					
		Wasser.	trockner Rückstand.	Käsestoff.	Zucker.	Butter.	feuerbeständige Salze.
2	1,0320	82,80	17,20	4,00	7,00	5,00	0,316
10	1,0316	87,32	12,68	2,12	6,24	3,46	0,180
17	1,0300	88,38	11,62	1,96	5,76	3,14	0,166
18	1,0300	89,90	10,10	2,57	5,23	1,80	0,200
24	1,0300	88,36	11,64	2,20	5,20	2,64	0,178
67	1,0340	89,82	10,18	4,30	4,50	1,40	0,274
74	1,0320	88,60	11,40	4,52	3,92	2,74	0,287
82	1,0345	91,40	8,60	3,55	3,95	0,80	0,240
89	1,0330	88,06	11,94	3,70	4,54	3,40	0,250
96	1,0334	89,04	10,96	3,85	4,75	1,90	0,270
102	1,0320	90,20	9,80	3,90	4,90	0,80	0,208
109	1,0330	89,00	11,00	4,10	4,30	2,20	0,276
117	1,0344	89,10	10,90	4,20	4,40	2,00	0,268
132	1,0340	86,14	13,86	3,10	5,20	5,40	0,235
136	1,0320	87,36	12,64	4,00	4,60	3,70	0,270

1711 Der Säugling empfängt auf diese Art ein hinreichendes Material, um Kohlensäure und Wasser für seine Athmung bilden und die noch außerdem eingeführten Proteinkörper für sein Wachsthum benutzen zu können. Der Käsestoff verrichtet aber nicht bloß diesen Dienst, sondern bietet ihm auch Chlornatrium und phosphorsaure Kalkerde für seine Knochen und Knorpel dar. Die Thiermilch ist daher noch selbst nach dem Aufhören des Säuglingsalters ein sehr gutes Nahrungsmittel der Kinder.

Die Beschaffenheit der Milch hängt natürlich mit den Zuständen der Mutter innig zusammen. Sättigt sich diese nicht hinreichend oder ernährt sie sich von schlechten und vorzugsweise vegetabilischen Speisen, so wird die Milch sparsamer und zeigt einen geringeren Gehalt an Butter, nicht aber an Käsestoff oder Milchzucker. Diese letzteren Bestandtheile vermehren sich auch nicht bei reichlicher Fleischkost. Dagegen wird dann die Menge der Milch, so wie ihr Fettgehalt bedeutender (F. Simon) [1]. Es bedarf noch der genauen Untersuchung, welche von der Mutter verzehrten oder als Medicament eingenommenen Stoff in die Milch übergehen. Denn dieses ist z. B. nicht bei dem Eisenkaliumcyanür oder Jodkalium, von dem es bis auf die neueste Zeit behauptet wurde, der Fall [2]. Syphilitische Mütter liefern keine bei der chemischen Analyse von der gesunden abweichende Milch. Es läßt sich aber in dieser, wie in vielen anderen Beziehungen kein bestimmtes Urtheil fällen, weil z. B. eine Gemüthsbewegung der Mutter die Milch dergestalt vergiften kann, daß das Kind binnen Kurzem stirbt, während die Chemie noch keinen Aufschluß in dieser Beziehung zu geben vermag.

Die Absonderung milchartiger Flüssigkeiten ist übrigens weder an die Zeit nach dem Wochenbette, noch an die Brüste gebunden. Man hat nämlich ausnahmsweise Fälle, in welchen alte Frauen Kinder säugten, und eben so können bisweilen milchartige Fluida von den Achselgruben, ja sogar von den Brüsten oder selbst dem Hodensacke des Mannes geliefert werden [3].

---

[1]) F. Simon a. a. O. S. 61. [2]) Ebendaselbst S. 73 fgg.
[3]) Vergl. R. Wagner Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. Braunschweig, 1842. 8. S. 25.

Die Organisation des Anfangstheiles des Nahrungskanales des Säug- 1712
lings weicht in manchen wohlberechneten Beziehungen von der des Erwachsenen ab. Die Mundhöhle und der Pharynx, die beide verhältnißmäßig weit sind, gehen auf eine minder schroffe Weise in einander über, damit die Milch rasch und reichlich hinabgleiten könne. Dem Magen fehlt noch ein größerer Fundus, so daß das Erbrechen bei der gleichzeitigen geringeren Länge der Speiseröhre leicht und ohne lange vorangehende Uebelkeiten erfolgt und die Einnahme zu vieler oder zu fetter Milch keine Indigestion veranlaßt. Da zugleich die Choanen niedriger stehen, so dringt oft ein Theil der erbrochenen geronnenen Milch selbst bei älteren Säuglingen zu den Nasenlöchern heraus.

Während auf diese Weise das Kind durch gute Milchnahrung bedeu- 1713
tend wächst und fett wird, gewinnt es zu gleicher Zeit an Consolidation seines Skelettes. Die Wirbelsäule wird fester, so daß es selbst trotz des verhältnißmäßig großen und schweren Kopfes aufrecht sitzen kann. Seine Sinne und zwar zunächst Gesicht und Tastsinn, dann bald auch Gehör, Geschmack, so wie die ersten geistigen Thätigkeiten entwickeln sich allmälig. Jedoch fehlt noch die Empfänglichkeit für Geruchseindrücke und vorzüglich die Unterscheidung angenehmer oder unangenehmer Perceptionen der Art sehr lange. Das Kind lernt seine Hände und Füße gebrauchen, beginnt festere Speisen zu kauen und versucht die einfachsten Laute hervorzubringen. Noch herrscht der Schlaf in hohem Maaße bei ihm vor. Wenn es in den ersten Lebenstagen nur sehr kurze Zeit wachte und dann ungefähr $^3/_4$ von 24 Stunden und mehr verschlief, so reducirt sich gegenwärtig die Zeit der Ruhe auf 14 bis 16 Stunden.

Das natürliche Ende der Säuglingsperiode wird durch das Zahnen 1714
angedeutet. Schon der Neugeborene hat in seinem Innern verhältnißmäßig bedeutend entwickelte Zahnkeime. Allein sie liegen hier verborgen. Das Zahnfleisch ist glatt, so daß die Kiefer die Brustwarze desto besser und schmerzloser fassen können. Nur ausnahmsweise bringen Neugeborene, wie dieses bei manchen Säugethieren, z. B. den Kaninchen, und zum Theil den Wiederkäuern normal ist, einzelne Zähne mit auf die Welt. Indem sich nun aber diese Gebilde während des Säuglingsalters ferner entwickeln, brechen sie ungefähr vom neunten bis zehnten Lebensmonate an durch. Jedoch unterliegt dieses vielen Ausnahmen, indem manche Kinder schon im siebenten Monate, andere erst mit dem Ablaufe des ersten Lebensjahres zahnen. Die beiden inneren Schneidezähne der Unterkinnlade erscheinen in der Regel zuerst; dann folgen die vier Schneidezähne des Oberkiefers, hierauf die ersten Backzähne und später die Eckzähne, bis sich endlich nach und nach eine Reihe von 20 Zähnen vervollständigt. Das Wachsthum der Kiefer regulirt ihre Stellung, so daß sie, was bei ihren Keimen weniger der Fall war, minder unvollkommene Reihen bilden. Die Nahrung des Kindes wird dabei immer fester und der des Erwachsenen ähnlicher.

Mittlerweile aber hat es sich auf die Füße gestellt, lernt einzelne 1715
Laute sprechen und erwirbt sich eine Reihe von Begriffen. Seine ersten Handlungen werden vorzüglich durch seine Nachahmungssucht bestimmt.

Geistige Receptivität und ein verhältnißmäßig sehr starkes und vielumfassendes Gedächtniß charakterisiren es vorzugsweise zu dieser Zeit. Erst nach und nach kommt es zur Selbstbeurtheilung und der Anwendung des Verstandes. Der Trieb, Alles zu zerreißen und zu zerstören, die Tische leer zu räumen und so viel als möglich herunterzuwerfen, unzweckmäßige Bewegungen zu wiederholen und Alles ohne Unterschied zu betasten, weicht verständigerem Spielen, einer gewissen Auswahl der Gegenstände, welche wohlgefallen, mit einem Worte, einem intelligenteren und selbstständigen geistigen Handeln. Hat es indeß die Fähigkeit, zusammenhängend zu sprechen, erlangt, so fehlt ihm noch im Anfange das Persönlichkeitsgefühl. Es unterscheidet sich weniger von anderen und redet von sich als von einer fremden Sache, in der dritten Person, mit Nennung seines Namens, wie es dieses von Anderen hört. Nach und nach greift auch hier mehr Selbstständigkeit durch. Die Spiele werden durchdachter, und die beiden Geschlechter fangen an sich in ihren Neigungen zu unterscheiden. Während der Knabe an Roß und Reitern, an Gewehr und Kanonen sein Wohlgefallen findet, kocht das Mädchen in ihrer Küche und wird nicht müde, ihre Puppe umzukleiden, herumzutragen oder ins Bett zu legen.

1716 Indem die nachfolgenden Jahre der Kindheit mit einer immer größeren Entwickelung der Intelligenz einherschreiten, leitet sich ungefähr um das siebente Jahr das zweite Zahnen ein. Das unreife Kind nämlich besitzt schon 24 Alveolen. Allein nur 20 Milchzähne brechen durch. Selbst diese aber haben relativ schwächere Wurzeln und mehr oder minder eigenthümliche Formen und nutzen sich bald an ihren Kronen ab. Ihre Nachfolger werden daher schon frühzeitig angelegt. Indem ihre Rudimente in der letzten Hälfte der Schwangerschaft entstehen, entwickeln sich die Kronen und die Körper der Schneidezähne, die Kronen der Eckzähne und der ersten Backzähne, und die Körper der dritten Backzähne im zweiten, die Kronen der zweiten Backzähne im dritten und endlich die Wurzeln der Schneidezähne und der dritten Backzähne, die verknöcherten Spitzen der vierten und die Rudimente der fünften Backzähne im vierten Lebensjahre. Im siebenten sind die Schneide- und die dritten Backzähne ausgebildet, während sich die Wurzeln der Eckzähne und der zwei ersten Backzähne zu entwickeln anfangen, die Kronen der vierten Backzähne hergestellt, die fünften dagegen noch nicht verknöchert sind [1]). Nun bricht zuerst der dritte Backzahn, der gleich dem vierten und fünften nicht gewechselt wird, durch. Die fortwachsenden Ersatzzähne beengen die immer graciler werdenden Wurzeln der entsprechenden Milchzähne. Diese werden wackelig und fallen leicht aus. Die neuen Backzähne, so wie die Eckzähne des Unterkiefers dringen gerade auf die älteren ein, während sich die Oeffnungen sämmtlicher Schneidezähne und der Eckzähne des Oberkiefers hinter den Milchzähnen befinden.

1717 Was den Ersatz selbst betrifft, so wird von Sömmerring [2]) folgen-

[1]) C. F. Burdach a. a. O. Th. III. S. 262.
[2]) S. Th. v. Sömmerring Lehre von den Knochen und Bändern des menschlichen Körpers. Herausgegeben von R. Wagner. Leipzig, 1839. 8. S. 94.

der Gang als der normale angesehen. Die unteren Milch-Schneidezähne fallen in der Regel im siebenten, die oberen im achten und die Eck- und die beiden ersten Backzähne im zehnten bis zwölften Jahre aus. Das mittlere Paar der oberen und der unteren Schneidezähne bricht im siebenten Jahre durch. Ihnen folgen bald die äußeren Paare derselben und nach ihnen die ersten Backzähne. Die zweiten Backzähne erscheinen im dreizehnten bis vierzehnten, die vierten im sechszehnten bis achtzehnten, die fünften endlich im achtzehnten bis dreißigsten Lebensjahre oder gar nicht. Nach J. F. Meckel wechselt die Frau ihre Zähne nicht nur später, sondern manche Milchzähne können das ganze Leben hindurch verharren, ohne daß sie durch Ersatzzähne ergänzt werden.

Die nächste wichtige Reform bildet die Pubertätszeit, welche sich 1718
keineswegs bloß auf Veränderungen der Geschlechtswerkzeuge beschränkt, sondern auch auf viele andere Organe ausdehnt. Sie tritt im Durchschnitte bei dem Manne um das funfzehnte bis siebzehnte Lebensjahr ein, kann sich jedoch auch bei südlichen Völkern oder Nationen, die aus wärmeren Klimaten stammen, so wie bei sehr kräftigen aufgeregten Individuen früher entwickeln. Während das Skelett und die Muskulatur stärker und die Brust breiter werden, die Barthaare mehr hervorwachsen und die Behaarung des Schamberges zunimmt, zeigt sich die Brechung der Stimme als das auffallendste äußere Merkmal. Der feine hohe Ton, der Discant verschwindet; es werden nur rauhe Töne während der Uebergangsperiode hervorgebracht, und die Fähigkeit des Gesanges geht für einige Zeit verloren. Der Kehlkopf vergrößert sich indeß sehr rasch, tritt am Halse stärker hervor und erlangt erst jetzt seine vorzüglichsten Unterscheidungsmerkmale von dem der Frau. Die Stimme wird dadurch kräftiger, voller und geht in Tenor oder Baß über. Der Ausdruck des Gesichtes wird männlicher, die Haltung fester, der Charakter energischer und der Ideengang selbstständiger. Die Hoden vergrößern sich, erhalten auch wahrscheinlich stärkere Samencanälchen und bereiten ächten mit Spermatozoen versehenen Samen. Der Jüngling gewinnt eine größere Neigung zum weiblichen Geschlechte und wird auch bald durch nächtliche Pollutionen von der Veränderung seiner Zeugungstheile benachrichtigt.

Bleibt diese Entwickelung aus oder kommt sie nur auf unvollkommene Weise zu Stande, so ist nicht bloß Impotenz und ein geringeres Wohlgefallen an Frauen die Folge derselben, sondern auch die Stimme erreicht nicht ihre gehörige Entwickelung. Sie ist dann bei Männern, die oft sehr groß sind und eine sehr starke Entwickelung ihres Skelettes darbieten, fein, wie bei einem Kinde, oder rauh und springt aus hohen Fistel- in die tiefsten Baßtöne über. Fehlen die Hoden, so mangelt auch die Pubertätsentwickelung. Sie erscheint dagegen bei noch so mißbildeten äußeren Geschlechtstheilen, sobald sich nur normale Testikel in dem Hodensacke oder der Bauchhöhle befinden. Daher z. B. mehr als ein Mal Hypospadiaei, die irriger Weise für Frauen gehalten wurden, ihr wahres Geschlecht durch ihre nach der Pubertätszeit eingetretenen sexuellen Neigungen zu erkennen gegeben haben.

Wie die Steifungen des Gliedes und die durch Reizung der Eichel bedingten Wollustgefühle vor der Geschlechtsreife zu Stande kommen können, so ist keineswegs auch das Laster der Onanie an diese gebunden. Gerade die traurigsten Folgen derselben entstehen bei Personen, welche sie schon in ihrer Kindheit getrieben, während häufig Leute,

die erst nach ihrer Pubertätsperiode die Selbstbefleckung vornahmen, geringere oder gar keine Folgen derselben verspüren.

1719 Die Geschlechtsreife der Frau giebt sich durch den Eintritt der Regeln zu erkennen. Während das Mädchen bis jetzt schlanker und dem Knaben in seinen allgemeinen Körperformen ähnlicher war, wird jetzt ihr Becken weiter und ihr Kreuzbein mehr nach hinten gedrängt. Die Hüften verbreitern sich, der unterste Theil des Rückens tritt mehr hervor, die gesammte Lendengegend und der Körper erscheinen überhaupt voller. Die Gesichtszüge werden edler, und die wahre weibliche Schönheit bildet sich erst vollkommen aus. Die Brüste werden größer und gerundeter. Die Stimme bricht sich zwar bisweilen ebenfalls, allein der Uebergang ist oft unmerklich. Die Töne bleiben feiner und zarter, gewinnen aber an Kraft, Rundung und Annehmlichkeit. Indeß treten häufig die Katamenien ohne alle Beschwerden ein und überraschen die Jungfrau plötzlich. Oft gehen ihnen Kopfschmerzen oder Zeichen anderer Congestionen, ein Gefühl von Wärme im Becken, unangenehme Empfindungen im Kreuze, Koliken u. dgl. voraus. Diese Beschwerden fallen dann bei gesunden Mädchen bei der späteren Wiederkehr der Periode hinweg.

1720 Der erste Eintritt der Regeln ist gleich dem der Mannbarkeit nach der Verschiedenheit des Klima und der Nationen verschieden. Die Frauen südlicher Stämme menstruiren im Allgemeinen früher als die nördlicher, und diese Eigenthümlichkeit erhält sich sogar noch mehr oder minder, wenn Völker, die aus wärmeren Klimaten stammen, schon Jahrhunderte lang unter nördlichen Zonen gewohnt haben. Die Katamenien treten häufig schon zu acht Jahren bei den Eingeborenen der Tropenländer oder ihnen naheliegender Gegenden, wie z. B. in Arabien, ein. Lebrun fand unter 100 Jüdinnen in Warschau 12, die mit 13 Jahren menstruirt wurden, während sich nur ein Fall der Art unter der gleichen Zahl von Katholiken slavischer Race darbot. Es giebt, wie es scheint, unter allen Zonen Individuen, die sehr früh, und andere, die sehr spät ihre Periode bekommen, so daß die Grenzen der Variabilität in dieser Hinsicht einen großen Spielraum besitzen. Einzelne Mädchen bekommen z. B. schon zu 11 Jahren ihre Regeln in den Umgebungen von Christiania, während sie anderseits bisweilen auf Jamaika bei Negerinnen von 19 Jahren mangeln. Allein die Durchschnittswerthe, welche man aus einer größeren Reihe von Beobachtungen erhält, weichen nicht selten schon nach geringeren Breitenunterschieden des Aufenthaltsortes sichtlich ab. Hierfür spricht wenigstens folgende von Raciborski[1]) gelieferte Tabelle, bei welcher die Mittel von meistentheils oder mindestens 100 Einzelerfahrungen herstammen.

[1]) M. A. Raciborski De la puberté etc. Paris, 1844. p. 17.

Ort.	Geographische Breite.	Mittlere Jahreswärme.	Durchschnittsalter der ersten Regeln.
Toulon.	43°	+ 15°	14,081
Marseille.	43°	+ 15°	14,015
Lyon.	46°	+ 11°,6	14,492
Paris.	49°	+ 10°,6	14,465
Göttingen.	51°,5	+ 8°,0	16,038
Warschau.	52°	+ 9°,2	15,083
Manchester.	53°	+ 9°,6	15,191
Skeen in Norwegen.	59°	+ 6°,0	15,450
Stockholm.	59°	+ 5°,7	15,590
Schwedisches Lappland.	65°	+ 4°,0	18,00

Man sieht zugleich hieraus, daß die Katamenien in den Mittelländern Europas zu 14 bis 16 Jahren durchzubrechen pflegen. Ihr Erscheinen nach dem 20sten Jahre gehört überall zu den selteneren Fällen und beruht wahrscheinlich auf vorangegangenen Krankheitsverhältnissen.

Wie bei dem Manne die Amputation des Gliedes die Geschlechtsbegierde nicht beeinträchtigt, die Ausrottung der Hoden dagegen die Pubertätsentwickelung im ganzen Körper hemmt, so findet etwas Aehnliches bei dem weiblichen Geschlechte Statt. Der Mangel der Regeln hindert nicht nothwendig die Ausbildung der übrigen Eigenthümlichkeiten der Frau. Dagegen haben die orientalischen weiblichen Eunuchen weder bedeutend entwickelte Brüste, noch einen stärkeren Hals. Ihre Lendengegend ist schmal wie bei dem Manne, und ihr Schaamberg besitzt keinen gekräuselten Haarwall. Die Geschlechtstheile bieten ein geringeres Fettpolster dar. Ihre Statur und Stimme hat etwas Männliches. Aehnliche Erscheinuugen zeigen sich nicht selten bei den sogenannten Mannweibern. Auch sie sind meistens von verhältnißmäßig athletischer Constitution, haben eine tiefe Tenorstimme, zeigen eine stärkere Entwickelung der bei der Frau so zarten Oberlippenhaare, welche sonst nur bei geschlechtig sehr lebhaften oder sehr energischen Frauen stärker ausgebildet sind, oder bieten selbst vollkommene Backenbarthaare dar. Ihr ganzes Auftreten hat mehr die Energie des Mannes, als das Zarte, Hingebende, Gemüthliche des Weibes. Die geschlechtigen Neigungen mangeln oder sind unnatürlich.

Während die Jungfrau mit dem Eintritte ihrer monatlichen Reinigung 1721
oder richtiger mit dem Erscheinen der periodischen Congestion noch ihren Geschlechtsorganen die Befähigung erlangt, Mutter zu werden, verändern sich auch ihre Geschlechtstheile in Folge der Ausübung des Coitus. Das Hymen verschwindet in der Regel, jedoch nicht immer, und die Carunculae myrthiformes entwickeln sich stärker. Die Vaginalportion erscheint geründeter und hat zwei gleich lange Muttermundlefzen, während sonst bei der Jungfrau die vordere ungefähr zwei Linien tiefer herabzuhängen pflegt. Der Muttermund bildet keine feine Querspalte mehr, sondern ist etwas breiter querelliptisch geworden. Die großen Schamlefzen stehen mehr von einander, während die blassen Nymphen zwischen ihnen hervorragen. Jedoch können auch ebenfalls die meisten dieser Zeichen durch Krankheiten der Geschlechtswerkzeuge und vorzüglich durch Selbstbefleckung hervorge-

rufen sein, so daß ein sicheres Urtheil in einzelnen kritischen Fällen in hohem Grade erschwert wird.

1722 Hat die Frau früherhin ein oder mehrere Male geboren, so finden wir außer den eben erwähnten Merkmalen der Defloration, daß die Umgebungen des Muttermundes eingezogene linienförmige, von wulstigen Hervorragungen begrenzte Narben darbieten. Sie rühren von dem Einreißen der Umgebungen des Orificium uteri während der Krönung her und können daher auch, wenn eine Frühgeburt Statt gefunden, mangeln. Unterstützende Kennzeichen sind Einrisse am Damme, Blutaderknoten an den Schenkeln, den Schamlefzen, Schwäche der Urinentleerung, örtliche Verhärtungen und Schlaffheit der Brüste, Narben an den Warzen derselben und eine größere Dicke des Halses. Jedoch finden sich diese Symptome nur dann, wenn nicht ganz normale Schwangerschaften oder Geburten vorangegangen, und können auch durch einzelne Krankheiten veranlaßt worden sein.

1723 Während der Mann, wenn er kräftig bleibt, mit Spermatozoen versehenen Samen bis in sein höchstes Alter absondern kann und nicht selten Beispiele vorkommen, in denen noch alte Leute von nahe an 90 bis 100 Jahren Kinder erzeugten, ist dieses bei der Frau nicht der Fall. Sie hat ihre Revolutionsperiode, d. h. einen Zeitabschnitt ihrer normalen Entwickelung, in welchem sich die geschlechtigen Thätigkeiten zurückbilden und hierbei wiederum ihr ganzer Organismus wesentliche Veränderungen erleidet. Die Katamenien werden sparsamer, sind weniger roth gefärbt, werden schleimiger und hören endlich ganz auf, oder es gehen ihrem Verschwinden heftigere unregelmäßigere Blutflüsse aus den Genitalien voran. Die Brüste werden schlaffer. Die Athmung erleidet die §. 1729 noch zu erwähnenden Veränderungen. Die Gesichtszüge werden älter, die Haut des Antlitzes faltiger und blasser, und die Physiognomie der Frau nimmt das Gepräge des Matronenausdruckes an. Frauen, die viele gröbere Handarbeit machen, z. B. Landmädchen, verblühen zwar häufig schon weit eher und zwar vorzüglich nach dem ersten oder zweiten Wochenbette. Blondinen erhalten sich bisweilen bis in die dreißiger Jahre sehr gut und altern dann nicht selten binnen wenigen Jahren oder Monaten in auffallendem Maaße. Allein immer erfährt der Gesammtausdruck zur Zeit der Revolution stärkere Eingriffe und wird oft da am merklichsten, wo die Natur bisher den glücklichsten Widerstand geleistet hat. Jener Zeitabschnitt ist noch insofern gefährlich, als in ihm leicht die bedeutendsten organischen Leiden durchbrechen. Gleich wie nicht selten Beschwerden, wie Augenentzündungen, Skrophulosis u. dgl. mit dem Eintritte der Menstruation oder der Ausübung der ehelichen Pflichten schweigen, so werden leicht Frauen, bei denen dieses früher der Fall war, die Jahre lang in Gram und Kummer lebten, zur Zeit ihrer Revolution von Entartungen der Eierstöcke, fibrösen Geschwülsten oder Krebs der Gebärmutter und vorzüglich von Skirrhus und Carcinom der Brüste heimgesucht. Der durch die natürliche Geschlechtsthätigkeit unterdrückte Keim solcher Krankheiten bricht dann desto verderblicher hervor.

Der Eintritt der Rückbildung der Katamenien scheint mit dem ersten 1724
Auftreten derselben in Verbindung zu stehen. Wenigstens kommt jene in südlichen Klimaten nicht selten schon im dreißigsten Jahre und noch früher zu Stande, während sie erst in nördlichen Gegenden zwischen 40 und 50 Jahren und ausnahmsweise auch noch später aufzutreten pflegt.

Die natürliche Verbindung beider Geschlechter wird meistentheils nicht 1725
ungestraft vernachlässigt. Bleibt auch der alte Junggeselle körperlich gesunder, so macht ihn doch häufig seine Isolirung zum Sonderling und Misanthropen und erweckt selbst in ihm unnatürliche Gelüste, wie sie bei alten Jungfern häufiger vorkommen. Nur die unablässige Verfolgung eines höheren geistigen Strebens kann ihn von diesen sonst nothwendigen Anomalien erretten. Die Frau zeigt in dem gleichen Falle eine weit größere Verstimmung ihres Nervensystems. Ihr Hysterismus zerrüttet dann ihre zartere Organisation früher und leichter. Sie altert eher, wird eben so sonderbar als der Junggeselle, weiß aber diesen Fehler besser bei ihrem größeren Zartgefühle zu verbergen. Eine widerliche Neigung zu manchen Hausthieren, vorzüglich zu Hunden oder Katzen, bricht nicht selten auffallend durch, und reine materielle Genußsucht, oder umgekehrt eine geistige Schwäche, welche leicht zu religiösen Schwärmereien überführt und die in gleicher Art bei früher sehr abgelebten Frauen wiederkehrt, charakterisirt das unglückliche Verhältniß. Auch hier hütet nur ein höheres geistiges Streben vor solchen Klippen, die als Folge der Störung des natürlichen Ganges der Dinge erscheinen.

Das höhere Alter charakterisirt sich bei beiden Geschlechtern da- 1726
durch, daß die verschiedenen Thätigkeiten des Körpers, obgleich sie auf normale Weise von Statten gehen, schwächer werden und daher auch der ganze Organismus an Masse und Kraft verliert, mehr äußere Pflege nöthig hat und störenden Einflüssen leichter unterliegt. Das überschüssig abgelagerte Fett wird nach und nach aufgezehrt, so daß die Haut an vielen Stellen Falten wirft und vorzüglich im Gesichte zahlreiche Runzeln hervortreten. Die Haare ergrauen und fallen oft zu einem großen Theile aus. Die Zähne gehen nach und nach verloren, die Alveolen verschwinden, die Zahnfleischränder werden scharf und dienen zum Kauen. Indem sie aber leicht unvollkommen wirken, bilden sich bisweilen Indigestionen und deren Folgen aus. Urin und Stuhl werden sparsamer, der Appetit und der Schlaf verschwinden mehr und mehr. Der Körper friert bei der geringsten Gelegenheit und bedarf daher des Schutzes durch Kleider und der äußeren Wärme in höherem Grade. Es lagern sich leicht Kalkmassen ab. Es verknöchern daher nicht selten der Kehlkopf, die Klappen des Herzens, die Schlagadern. Jedoch bleiben in der Regel die Rippenknorpel elastisch und nachgiebig. Die Knochen nehmen mehr Aschenbestandtheile auf, werden dadurch härter und spröder und brechen bei sonst geringer Veranlassung. Es entstehen bisweilen Augenentzündungen. Die Hornhaut umgiebt sich mit einem weißlichen Ringe, dem sogenannten Arcus senilis s. Gerontoxon; das Gehör leidet hin und wieder. Eine zu reichliche Schleimabsonderung der Lungen veranlaßt oft anhaltenden Husten, während die

Haut pergamentartig trocken ist. Nicht selten stellen sich Wassersucht, Fußgeschwüre, kalter Brand und dgl. ein. Die Muskeln ziehen sich zwar nach dem Befehle des Willens zusammen, allein sie verlieren den sie fortwährend begleitenden Tonus und die Größe ihrer früheren Energie. Die Gesichtszüge erschlaffen daher, die Unterlippe hängt mehr oder minder herab, der Rücken beugt sich, die Hände zittern, der ganze Gang wird nicht nur langsamer, sondern auch schlotternder und unsicherer. Die Substanzverminderung des Auges bedingt Weitsichtigkeit. Die Geisteskräfte erlahmen. Der Mensch hat mehr Interesse an seinen materiellen Nahrungsverhältnissen, als an höheren geistigen Problemen. Manche alte Leute behalten ihre Intelligenz bis zum Tode bei. Andere dagegen werden stumpfsinniger und endlich kindisch. Daß dieses bei den ausgezeichnetsten Köpfen vorkommen könne, lehren Newton, Linné und Kant.

1727 In seltenen Fällen erwachen im höchsten Alter einzelne periodische Thätigkeiten der früheren Zeit. Es brechen noch Zähne durch, oder es zeigt sich ein von Zeit zu Zeit wiederkehrender menstruationsähnlicher Blutfluß.

1728 Indem nun die Thätigkeiten immer mehr abnehmen, erlischt endlich das Leben bei der geringsten krankmachenden Veranlassung. Das höchste mögliche Alter scheint ungefähr 150 bis 160 Jahre zu sein. Der von Harvey untersuchte Thomas Parre wurde 152 Jahre alt und hatte bis zu seinem 130sten Jahre das Feld bebaut und bis zu seinem 140sten die Begattung vollzogen [1]).

1729 Was die Veränderungen der einzelnen Functionen im Laufe des nachembryonalen Lebens betrifft, so kennt man bis jetzt nur mit Sicherheit einzelne der unmittelbaren Anschauung sich darbietende Erscheinungen, dagegen wenige Zahlendata, welche einzig und allein bestimmte Gesetze in dieser Beziehung zu begründen im Stande sind. Wir haben schon früher gesehen (§. 385), daß die Zahl der Pulsschläge und der Athemzüge bei dem Neugeborenen am größten ist, später immer abnimmt und ungefähr um das funfzehnte Lebensjahr ihre stätigen Verhältnisse erreicht. Während nach Elsässer die Nabelschnur des Neugeborenen im Mittel aus 21 Beobachtungen 144,33 Mal pulsirt, beträgt die Zahl der Pulsschläge im funfzehnten Jahre durchschnittlich 69,5 in der Minute. Eben so athmet in derselben Zeit der Neugeborene ungefähr 44, der funfzehnjährige dagegen 20 Mal in der Minute [2]). Obgleich die Menge der Athemzüge im Kindesalter relativ größer ist und dann überhaupt verhältnißmäßig mehr respirirt wird, so steigt doch die absolute Quantität der ausgeschiedenen Kohlensäure mit den Jahren, bis sie ungefähr nach Ablauf des ersten Dritttheils oder der Hälfte des Lebens ihren Culminationspunkt erreicht. Nach Andral und Gavarret [3]) vergrößert sie sich fortwährend von 8 bis 30 Jahren, bleibt zwischen 30 und 40 stetig oder ver-

---

[1]) C. F. Burdach a. a. O. Bd. III. 426.

[2]) A. Quetelet Ueber den Menschen und die Entwickelung seiner Fähigkeiten. Deutsch bearbeitet von A. Riecke. Stuttgart, 1838. 8. S. 395.

[3]) Comptes rendus de l'Académie des sciences. Tome XVI. Paris, 1843. 4. p. 116. 117.

mindert sich selbst dann schon in geringem Maaße, verkleinert sich noch auffallender zwischen 40 und 50 und sinkt von 50 Jahr an immer mehr (§. 432). Während sich aber diese Norm bei dem Manne rein ausspricht, bedingen die Geschlechtsverhältnisse der Frau eine Störung derselben. Die Kohlensäureausscheidung des Mädchens nämlich wächst bis zur Pubertätszeit gleich der des Knaben, steht aber, so wie die Regeln eintreten, still und erhält sich auf dieser niederen Stufe bis zur Revolutionsepoche. Der Mann z. B. liefert bis zu 15 Jahren eine mittlere stündliche Menge von 7,4 Grm. verbrannten Kohlenstoffes und zwischen 15 und 40 Jahren 11,3 Grm., die Frau dagegen in demselben Alter nur 6,4 Grm., d. h. eben so viel, wie sie als noch nicht menstruirendes Mädchen darbot. Tritt aber die Revolution ein, so hebt sich dieser Werth zwischen 40 und 50 Jahren auf 8,4 Grm., sinkt jedoch dann wieder zwischen 50 und 60 auf 6,8 Grm. und zu 82 Jahren auf 6,0 Grm. Eben so steigt sie während der Schwangerschaft, hält sich dann durchschnittlich zwischen 7,5 und 8,4 Grm. und erhöht sich auch in gleicher Weise, wenn aus irgend einem Grunde die Regeln ausbleiben. Einzelne andere hierher gehörende Veränderungen wurden schon §. 572 angeführt.

Die Schwankungen, welche die Gesammtmasse des Körpers von der 1730
Geburt bis zum höchsten Alter erfährt, lassen sich wenigstens in ihren allgemeinsten Grundzügen überblicken, wenn wir die relativen Massenveränderungen aus der Quetelet'schen mittleren Gewichtstabelle des Menschen berechnen. Wir erhalten alsdann folgende Uebersicht:

Jahre.	Männliches Geschlecht.			Weibliches Geschlecht.		
	Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Massenveränderung.		Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Massenveränderung.	
		in Verhältniß zum Neugeborenen.	Wachsthumszahl.		in Verhältniß zum Neugeborenen.	Wachsthumszahl.
0	3,20	1,000	—	2,91	1,000	—
1	9,45	2,953	+ 1,960	8,79	3,021	+ 2,020
2	11,34	3,544	+ 0,200	10,67	3,667	+ 0,214
3	12,47	3,897	+ 0,099	11,79	4,052	+ 0,105
4	14,23	4,447	+ 0,141	13,00	4,467	+ 0,103
5	15,77	4,928	+ 0,108	14,36	4,935	+ 0,105
6	17,24	5,388	+ 0,093	16,00	5,498	+ 0,115
7	19,10	5,969	+ 0,108	17,54	6,028	+ 0,096
8	20,76	6,488	+ 0,087	19,08	6,557	+ 0,087
9	22,65	7,078	+ 0,091	21,36	7,340	+ 0,119
10	24,52	7,663	+ 0,082	23,52	8,083	+ 0,101
11	27,10	8,469	+ 0,105	25,65	8,815	+ 0,090
12	29,82	9,319	+ 0,100	29,82	10,246	+ 0,162

Jahre.	Männliches Geschlecht. Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Massenveränderung. in Verhältniß zum Neugeborenen.	Wachsthumszahl.	Weibliches Geschlecht. Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Massenveränderung. in Verhältniß zum Neugeborenen.	Wachsthumszahl.
13	34,38	10,744	+ 0,153	32,94	11,320	+ 0,104
14	38,76	12,113	+ 0,127	36,70	12,612	+ 0,114
15	43,62	13,631	+ 0,125	40,37	13,872	+ 0,100
16	49,67	15,522	+ 0,138	43,57	14,973	+ 0,079
17	52,85	16,516	+ 0,064	47,31	16,258	+ 0,083
18	57,85	18,078	+ 0,095	51,03	17,536	+ 0,078
20	60,06	18,769	+ 0,038	52,28	17,966	+ 0,024
25	62,93	19,666	+ 0,048	53,28	18,310	+ 0,019
30	63,65	19,891	+ 0,011	54,33	18,670	+ 0,019
40	63,67	19,897	+ 0,0003	55,23	18,980	+ 0,016
50	63,46	19,831	— 0,003	56,16	19,299	+ 0,017
60	61,94	19,357	— 0,024	54,30	18,660	— 0,033
70	59,52	18,600	— 0,039	51,51	17,701	— 0,051
80	57,83	18,072	— 0,028	49,37	16,966	— 0,041
90	57,83	18,072	0,000	49,34	16,955	— 0,0007

Der mittlere Mensch, der sein größtes Körpergewicht zwischen 40 und 50 Jahren erreicht, ist also dann 19 bis 20 Mal so schwer als der Neugeborene. Die Wachsthumszahl, d. h. die Differenz zweier unmittelbar auf einander folgender Werthe der Körpergewichte getheilt durch den des jüngeren Lebensjahres beider hat ihr Maximum im ersten Lebensjahre. Die Substanz, welche das Kind dann ansetzt, beträgt das Doppelte des Gewichtes des Neugeborenen. Die Wachsthumszahl sinkt aber schon im zweiten Lebensjahre auf $1/5$, schwankt häufig bei dem Manne bis zu 17 und bei der Frau bis zu 15 Jahren zwischen $1/10$ und $1/5$, verkleinert sich jedoch auch hier zu einzelnen Zeiten in bedeutenderem Maaße, vermindert sich später noch mehr und wird endlich von 50 bis 60 Jahren an negativ, übersteigt aber nie bei ihrem Fallen den verhältnißmäßig geringen Werth von $1/20$.

1731 Die Statistik der menschlichen Verhältnisse bildet einen Nebenzweig der Physiologie, welcher auf eine überraschende Weise die unbeugsame Gesetzmäßigkeit, die Alles durchdringt, nachweist. Viele Erscheinungen nämlich machen auf uns den Eindruck des Zufalls, weil sie unser Blick nur als Einzelnheiten auffaßt, ungefähr wie wir nach einem von Carus gebrauchten passenden Vergleiche bloße unzusammenhängende Farbenstriche bei einem in der Nähe betrachteten Oelgemälde wahrnehmen. Wir würden z. B., wenn wir nur unsere alltäglichen Erfahrungen ins Auge fassen, nicht glauben, daß eine bestimmte Regel für die Geburt von

Knaben oder Mädchen existirt. Stellen wir dagegen Tausende von Geburtsfällen zusammen, so zeigt sich nicht nur, daß überall mehr Knaben als Mädchen das Licht der Welt erblicken, sondern sich auch meistentheils das Verhältniß der ersteren zu den letzteren wie 21 bis 22 zu 20 regulirt. Solche Zahlenresultate treten immer beständiger auf, je mehr Einzelerfahrungen ihrer Berechnung zum Grunde gelegt werden können. Während eine geringe Menge derselben Schwankungen und Irrthümer sehr leicht erzeugt, liefern bedeutende Größen der Art Ergebnisse, welche auf die merkwürdigste Weise wiederkehren.

Solche statistische Untersuchungen können sich auf zweierlei verschie- 1732
dene Verhältnisse erstrecken. 1) Auf die einzelnen Thätigkeiten des menschlichen Körpers selbst und ihre Beziehungen zu gewissen äußeren, vorzüglich in bestimmten Zeiträumen wiederkehrenden Einflüssen und 2) auf den großen Umsatz der menschlichen Gesellschaft überhaupt, wie z. B. die Geburten und Todesfälle, die Fort- und Rückschritte eines Volkes nicht bloß in materieller, sondern auch in geistiger Beziehung. Denn selbst die letzteren Erscheinungen sind wahrscheinlich der bindenden Gewalt numerischer Bestimmungen im großen Ganzen unterworfen.

Der gesammte Ernährungsproceß unterliegt vermuthlich bestimmten pe- 1733
riodischen Schwankungen (§. 142). Sie kommen bei einzelnen Thätigkeiten, wie z. B. der Menstruation (§. 1646) und unter manchen krankhaften Verhältnissen, z. B. bei den Wechselfiebern und zum Theil den Anfällen von Epilepsie, in so auffallendem Maaße zum Vorschein, daß sie bei der unmittelbaren Beobachtung in die Augen fallen. Schon die ältesten Aerzte suchten auch den Verlauf der meisten acuten Krankheiten, vorzüglich der Fieber nach gewissen Tagesreihen zu bestimmen. Allein hier wie bei vielen anderen Ansichten der Art muß eine um so strengere Kritik angewendet werden, je mehr die Phantasie und der Aberglaube zu ähnlichen Behauptungen Veranlassung gegeben hat. Die bisherigen, die normalen Functionen betreffenden Kenntnisse liefern auch noch keine sicheren Uebersichten, welche die Annahme unbezweifelbarer Gesetze gestatteten. Nur Schweig [1]) glaubte in neuerer Zeit durch Untersuchungen seines eigenen Urins, welche im Winter vorgenommen worden, nachzuweisen, daß eine Verminderung der Harnsäure bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang Statt findet und die Absetzung derselben einen cyklischen, nach 6 Tagen wiederkehrenden Gang beschreibt. Sie verringert sich ferner immer nach diesem Forscher vor der größten Erdnähe und dem Maximum der Entfernung des Mondes. Vor und nach der letzteren aber erscheint sie in größerer Menge als vor und nach der Erdnähe. Die stündlichen Schwankungen der Harnbestandtheile werden sich aber deshalb sehr schwer ermitteln lassen, weil sich der Urin längere Zeit vor seiner Entleerung in der Blase ansammelt und selbst hier wahrscheinlich noch Dichtigkeitsveränderungen erleidet.

Da die Statistik der socialen Verhältnisse eine eigene ausgedehnte 1734

---

[1]) G. Schweig Untersuchungen über periodische Vorgänge im gesunden und kranken Organismus des Menschen. Karlsruhe, 1843. 8. S. 31 fgg.

Wissenschaft bildet, so können hier nur einzelne allgemeinere Resultate derselben kurz angedeutet werden. So z. B. befördern zu frühzeitig geschlossene Ehen die Unfruchtbarkeit oder begünstigen die Erzeugung von Kindern, welche eine geringere wahrscheinliche Lebensdauer besitzen. Die größte Fruchtbarkeit aber findet Statt, wenn sich der Mann vor 33, die Frau vor 26 Jahren verheirathet und jener wenigstens eben so alt oder einige Jahre älter als diese ist. Die Zahl der Kinder, welche durchschnittlich aus einer Ehe hervorgehen, nimmt im Allgemeinen von Norden nach Süden zu. Sie beträgt z. B. in Schweden (nach Abzug der Unehelichen) 3,62, in Flandern und der Picardie 4,00, in der Dauphiné, Languedoc und der Provence 4,34 und in Portugal 5,10. Jedoch können auch Nebenverhältnisse alle klimatischen Unterschiede in dieser Beziehung verwischen (Benoiston de Chateauneuf). Einflußreicher dagegen scheint das Alter zu sein, in welchem sich die Eltern verheiratheten. War z. B. in England der Vater weniger als 25 Jahre alt, so betrug der Durchschnittswerth der Kinder 5,11; bei 26—36 Jahren desselben 4,43 und bei mehr als 36 Jahren 2,84. Für weniger als 25 Jahre der Mutter ergaben sich 5,13; für 26—36 Jahre 3,49 und für mehr als 36 Jahre 2,89 Kinder (Sadler u. Quetelet). Die Fruchtbarkeit der Ehen ist auch meistentheils in solchen Ländern, wo ihre Zahl bedeutender ausfällt, geringer. Die Ehen selbst aber vermehren sich, so wie die Sterblichkeit zunimmt.

1735 Die Geburten hängen nicht bloß von den eben erwähnten Momenten, sondern auch in bedeutendem Maaße von Außenverhältnissen ab. Sie nehmen in Jahren der Theurung und Noth sichtlich ab und werden dann zum Ersatze in der Folgezeit oder nach Kriegen desto zahlreicher. Was die Geschlechter betrifft, so gilt es als allgemeines Gesetz, daß mehr Knaben als Mädchen zur Welt kommen. Das Verhältniß beider zu einander ist meist auffallend beständig. Dieses erhärtet z. B. die nachfolgende vorzüglich nach Bickes entworfene Tabelle, deren Grundberechnungen 70 Millionen Menschen umfassen:

Staaten oder Provinzen.	Zahl der Knaben auf 100 Mädchen.	Staaten oder Provinzen.	Zahl der Knaben auf 100 Mädchen.
Rußland.	108,91	Preußischer Staat im Ganzen.	105,94
Lombardei.	107,61	Desgl. von 1820 bis 1835.	105,97
Mecklenburg.	107,07	Westphalen u. Rheinpreußen.	105,86
Frankreich.	106,55	Würtemberg.	105,69
Desgl. von 1817 bis 1831.	106,38	Ostpreußen und Posen.	105,66
Holland und Belgien.	106,44	Böhmen.	105,38
Brandenburg und Pommern.	106,27	Großbrittanien.	104,75
Königreich beider Sicilien.	106,18	England und Wales.	104,35
Oesterreich.	106,10	Schweden.	104,62
Schlesien u. preußisch Sachsen.	106,05	Mittel für Europa.	106,00

Wir haben also als Minimalverhältniß 104,35 : 100 = 20,87 : 20 und als Maximalproportion 108,91 : 100 = 21,78 : 20. So beständig aber auch diese Proportionen erscheinen, so zeigen sich doch auch wesentliche Ausnahmen von ihnen. Die jüdische Bevölkerung des preußischen Staates nämlich ergab z. B. von 1820 bis 1835 auf 100 Mädchen 111,21 Knaben (Hoffmann) und die in Livorno zeigte sogar auf 100 der Ersteren 121 der Letzteren. Umgekehrt trafen am Kap unter der Sclavenbevölkerung auf 100 Knaben nur 103,89 Mädchen und unter den Freien auf 100 Neugeborene männlichen bloß 102,80 weiblichen Geschlechtes.

Selbst die ausnahmsweise vorkommenden Mehrlingsgeburten zeigen im Großen bestimmte Normen. Es kamen z. B. in Preußen nach Hoffmann auf 100 Geburten:

im Jahre 1826 — 101,15 Kinder		im Jahre 1831 — 101,17 Kinder	
» » 1827 — 101,14 »		» » 1832 — 101,25 »	
» » 1828 — 101,16 »		» » 1833 — 101,23 »	
» » 1829 — 101,20 »		» » 1834 — 101,25 »	
» » 1830 — 101,14 »			

Das Uebergewicht der Knaben gleicht sich zunächst schon zum Theil 1736 dadurch aus, daß eine größere Zahl von ihnen todt zur Welt kommt. Die der Todtgeborenen männlichen Geschlechtes verhielt sich z. B. zu der des weiblichen in Amsterdam von 1821 bis 1833 wie 131,19 : 100 und in Paris von 1823 bis 1833 wie 122,56 : 100. Ueberdies sterben im ersten Lebensjahre weit mehr Knaben als Mädchen. Das Verhältniß betrug z. B. in Westflandern in den Städten = 133 : 100, auf dem platten Lande = 142 : 100; und in Preußen von 1820 bis 1835 wie 116,07 : 100. In Belgien ist dann die Mortalität um das Alter von zwei Jahren bei beiden Geschlechtern fast gleich. Später nimmt die der weiblichen Individuen bedeutend zu und wird zwischen 14 und 18 Jahren am stärksten. Sie erscheint aber umgekehrt zwischen 21 und 26 Jahren bei den Männern größer, gleicht sich zwischen 26 und 30 wieder aus, vermehrt sich darauf bei den Frauen, verringert sich aber nach der Revolution und bietet endlich im höheren Alter keinen Unterschied der Geschlechter dar.

Die oben angeführten bedeutenden Durchschnittszahlen der Kinder 1737 würden eine sehr große Vermehrung der Bevölkerung bedingen, wenn nicht der Tod eine so reiche Ernte in den zarten Kindesjahren vornähme. So stirbt z. B. in Belgien der zehnte Theil der Kinder im ersten Lebensmonate wieder hinweg. Ungefähr $^1/_{40}$ unterliegt im zweiten Monate und nur fast eben so viel während des zweiten und dritten Jahres. Die größte Gefahr erhält sich bis zu fünf Jahren, so daß dann das Kind die längste wahrscheinliche Lebensdauer besitzt. Zu 25 Jahren aber ist wieder die Hälfte der gleichzeitig geborenen Bevölkerung hinweggestorben. Die wahrscheinliche Lebensdauer der neugeborenen Mädchen stellt sich im Allgemeinen etwas größer als die der Knaben. Sie gleicht z. B. nach Quetelet in Belgien bei jenen 17, bei diesen 25.

Das Verhältniß der Zahl der Todesfälle zu der der Bevölkerung ist 1738

in den Städten weit größer als auf dem platten Lande. In Belgien z. B. kommt in jenen ein Todter auf 36,9, in diesem aber erst auf 46,9 Einwohner. Eben so üben die Berufsgeschäfte einen wesentlichen Einfluß auf die Mortalität aus. So z. B. zeigen sich nach Lombard bei den Bildhauern, Hutmachern, Polirern, Müllern, Schneidern, Juwelieren mehr Fälle von Schwindsucht, als dem allgemeinen Mittel entspricht, während umgekehrt Kutscher, Fleischer, Gerber, Zuckerbäcker dasselbe nicht erreichen. Für die höheren Stände Würtembergs fand Riecke nach den Mortalitätstabellen von 1791 bis 1835, daß, wenn man von den ungünstigeren zu den günstigeren Verhältnissen der Art fortschreitet, folgender Stufengang herauskommt, Aerzte, Schullehrer, Forstmänner, Staatsdiener (höhere Beamte), Evangelische und endlich katholische Geistliche. Auch nach Casper's Berechnungen sterben die Aerzte am früheşten hin, während die Theologen am längsten leben. Sehr groß ist auch die Sterblichkeit in den meisten Gefängnissen.

1739 Die Selbstmorde vermehren sich in der Regel zu Zeiten der Theurung oder politischer Aufregung. In Paris erfolgt die Majorität derselben durch Erschießen oder Ertränken, in England und Deutschland durch Erhenken. Sie werden meistentheils in Frankreich Morgens zwischen 6 und 8, dagegen Mittags zwischen 12 und 2 Uhr am seltensten vollbracht. In den preußischen Städten kommt ein Mörder auf ungefähr zwölf Selbstmörder.

1740 Die größte Zahl von Verbrechen an Sachen und die kleinste von solchen an Personen fällt wenigstens in Frankreich, Holland und Belgien in den Winter, umgekehrt dagegen das Maximum der Fälle von Personenverletzungen in den Sommer. Die Epochen dieser Maxima und Minima aber entsprechen den durchschnittlichen größten und kleinsten Werthen der Sterblichkeiten und der Geburten. Die Frauen betreten etwas später die Bahn des Verbrechens und verlassen sie auch früher als die Männer. Das Maximum zeigt sich bei diesen um das fünfundzwanzigste, bei jenen dagegen um das dreißigste Jahr.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um einen Begriff einer mit der Physiologie verwandten Wissenschaft zu geben, welche nicht nur an und für sich ein sehr hohes Interesse gewährt, sondern auch die sicherste Grundlage jeder einsichtsvollen Administration bildet.

Die vollständigste allgemeine Uebersicht giebt in dieser Hinsicht A. Quetelet Ueber den Menschen und die Entwickelung seiner Fähigkeiten oder Versuch einer Physik der Gesellschaft. Deutsche Ausgabe mit Anmerkungen versehen von V. A. Riecke. Stuttgart, 1838. 8. Viele Detailsangaben finden sich noch in C. F. Burdach die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. Bd. III. Zweite Auflage. Leipzig, 1838. 8. J. L. Casper die wahrscheinliche Lebensdauer des Menschen in den verschiedenen bürgerlichen und geselligen Verhältnissen. Berlin, 1835. 8. Gobbi Ueber die Abhängigkeit der physischen Populationskräfte von den einfachen Grundstoffen der Natur, mit specieller Anwendung auf die Bevölkerungsstatistik von Belgien. Leipzig und Paris, 1842. 4. G. Schweig Untersuchungen über periodische Vorgänge im gesunden und kranken Organismus des Menschen. Karlsruhe, 1843. 8. Hoffmann in den Abhandlungen der K. Academie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1841. Dritter Band. 1843. 4.

Nachtrag

zu G. Valentin's Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. S. 711 — 714 und 767 — 772.

Kölliker veröffentlichte in einer die letzten Tage des verflossenen Jahres mir zugekommenen Schrift[1]) eine Reihe von Untersuchungen, nach denen er den Ursprung ächter dünner Nervenfasern aus einzelnen Ganglienkugeln beobachtet hat. Diese Erfahrung machte er im Ganzen 13 Mal und zwar an Präparaten aus den Spinalknoten des Frosches, der Schildkröte und der Katze, dem vierten Brustknoten und der Gasserschen Nervenanschwellung der Letzteren, so wie dem Ganglion Gasseri des Meerschweinchens. Hierdurch, so wie durch die von Kölliker speciell den Verbindungssträngen des Sympathicus des Frosches zugewandte Untersuchung fällt dann mein gegen diesen Theil der Bidder-Volkmann'schen Beobachtungen gemachter und S. 713 angeführter Einwand hinweg. Da nach Kölliker einzelne Ganglienkugeln wahre Nervenfasern entlassen, während dieses bei anderen nicht der Fall ist, so ist mithin eine theilweise Selbstständigkeit der peripherischen Nervenknoten in Verbindung mit den früheren Beobachtungen von Bidder und Volkmann nachgewiesen. Im Uebrigen kommt Kölliker zu Resultaten, welche zu einer wahrscheinlich richtigen Mitte zwischen den bisher vertheidigten Extremansichten von Bidder, Volkmann und mir führen. Er erklärt sich ebenfalls gegen die Unterscheidung von zwei verschiedenen Klassen von Nervenfasern, als sympathischen und animalen, und wider die Möglichkeit, die ersteren ihrer geringen Breite wegen in jedem Nervenstamme sogleich zu erkennen. Eben so enthält auch nach ihm der Sympathicus keine eigenthümlichen Gewebe und kann daher für keinen nach seinen histologischen Charakteren specifisch verschiedenen Nerven angesehen werden. Nur zeichnet er sich durch die Zahl seiner Ganglien und die mannichfache Ursprungsquelle seiner Faserelemente aus. Wie die der Cerebrospinalnerven größtentheils aus dem Gehirn und dem Rückenmarke kommen, so bezieht der Sympathicus die Mehrzahl seiner Fasern aus seinen Knoten und den Spinalganglien. Das Letztere läßt sich daraus erschließen, daß hinter den Spinalganglien viel mehr feine Fasern als zwischen jenen und dem Rückenmarke auftreten. Auch steht wahrscheinlich der Sympathicus der Säugethiere in seiner Zusammensetzung den Rückenmarksnerven näher und ist hier von dem Centralnervensysteme abhängiger als bei dem Frosche. Während also diese Beobachtungen eine theilweise Selbstständigkeit der Ganglien unterstützen, machen sie auch die so häufig

[1]) A. Kölliker die Selbstständigkeit und Abhängigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Beobachtungen erwiesen. Zürich, 1844. 4.

bei dem Menschen und den Säugethieren wahrnehmbaren Einflüsse des Gehirns und Rückenmarkes auf die Eingeweide der Brust- und Bauchhöhle erklärlich und geben zugleich einen Wahrscheinlichkeitsgrund dafür, daß Reflexthätigkeiten in den Knoten möglich sind, sofern sich dabei Ganglienfasern betheiligen.

Eben so bedürfen die S. 767. 772 befindlichen Bemerkungen über das Verhältniß des Herzens zu den Nerven einer Berichtigung. Zuvörderst hat die daselbst bestrittene Beobachtung von Volkmann, daß bestimmte Stellen des Rückenmarkes einen wesentlichen Einfluß auf die Thätigkeit der Lymphherzen ausüben, ihre vollkommene Richtigkeit. Die hinteren Lymphherzen klappen oft gleichsam zu, so wie man das Mark in der Gegend des achten Wirbels zerstört. Die späteren Zuckungen, welche bei sehr reizbaren, im Herbste frisch eingefangenen oder im Winter warm gehaltenen Fröschen Stunden hindurch und selbst länger als der Pulsschlag des Blutgefäßherzens anhalten können, sind, wie ich bei neueren Untersuchungen sah, unvollständig oder unregelmäßig. Es fehlt die nöthige Coordination der einzelnen Theile oder auch die vollkommene Thätigkeit aller. Da aber dieses bei dem ausgeschnittenen Blutgefäßherzen nicht Statt findet, so wird hierdurch nach Volkmann ein wesentlicher Unterschied bedingt. Es ist möglich, daß dieser Vorzug des Ersteren von den mikroskopischen Remakschen Ganglien abhängt, indem diese auf ihre Ganglienfasern oder andere neben ihnen vorbeigehende Nervenfasern einwirken und den fortdauernden Schlag harmonisch machen.

Die innige Beziehung der Lymphherzen zu dem Rückenmarke giebt zugleich einen Beleg dafür, daß unwillkürliche und dem Gefäßsysteme angehörende bewegliche Theile von dem Centralnervensysteme direct beherrscht werden können und man daher auch nicht sicher auf die Anwesenheit von Ganglienfasern in allen Drüsengängen, Gefäßen schließen darf, so lange sie nicht bestimmt nachgewiesen sind. Wenn aber auch die Lymphherzen in der genannten Beziehung den freien rothen Muskeln ähnlich zu sein scheinen, so weichen sie doch in manchen anderen Punkten auf eigenthümliche Weise ab. Sie stehen z. B. bisweilen nach der bloßen Spaltung der benachbarten Haut augenblicklich still, um sich erst nach einiger Zeit von Neuem zu erholen. Schneidet man die ganze Wirbelsäule hinweg und leitet durch das Präparat einen selbst starken elektrischen Strom, daß die Muskeln der Hinterbeine mit Lebhaftigkeit antworten, so verändern sich bisweilen die Zuckungen der hinteren Lymphherzen nicht, wenn sie selbst noch ziemlich lebhaft oder umgekehrt nur schwach sind. Oft setzen sie für einige Zeit von selbst aus, um später von Neuem kräftiger thätig zu sein, mit einem Worte, es zeigen sich Nuancirungen der Reizbarkeit, welche bei den freien Rumpfmuskeln weniger scharf hervortreten.

Bern, den 8. Januar 1845.

Register.

(Die römischen Zahlen beziehen sich auf den Band, die arabischen auf die Seiten desselben. Wo ein Gegenstand fortlaufend behandelt wird, ist nur der Anfang der Darstellung der Kürze wegen im Verzeichnisse angegeben.)

A.

B.

C.

D.

F.

G.

H.

J.

K.

L.

M.

N.

58*

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Verbesserungen.

Bd. I. S. 173 Z. 3 u. Z. 23 v. u. statt Scheerer l. Scherer.
S. 370. Z. 5 v. u. statt Poisseuille l. Poiseuille.
S. 545. Z. 25 v. o. statt Kohlensäure l. Stickstoff.
S. 627. Z. 2 v. u. statt van Stetten l. van Setten.
S. 736. Z. 23, 28, 29 u. 31 statt 224,426 l. 244,426.

Bd. II. S. 13. Z. 14 v. o. statt die aufgelöste Flüssigkeit l. die umgebende Flüssigkeit.
S. 13. Z. 44 u. 45 v. o. statt durch die Uhr l. der Uhr.
S. 15. Z. 12 v. o. statt treten l. tritt.
S. 41. Z. 22 v. u. statt mit einer kleinen galvanischen Säule l. mit dem anderen Pole einer kleinen galvanischen Säule.
S. 43. Z. 8 v. u. statt zusammengesetzten l. einfachen.
S. 44. Z. 16 v. u. statt die andere l. den anderen.
S. 45. Z. 22 v. o. statt den l. der.
S. 100. Z. 21 v. o. statt Platysmameoides l. Platysmamyoides.
S. 194. Z. 12 v. u. statt Platysmammeoides l. Platysmamyoides.
S. 200. Z. 14. v. o. statt Piatysmammyoides l. Platysmamyoides.
S. 210. Z. 22 v. o. statt Streißbein l. Steißbein.
S. 276. Z. 11 v. u. statt Schildkorpel l. Schildknorpel.
S. 380. Z. 18 v. o. statt $\frac{\alpha}{m}$ l. $\frac{a}{m}$.
S. 621. Z. 1 v. o. statt Magnetelektrometer l. Magnetelektromotor.
S. 659. Z. 2 v. u. statt Braschet l. Brachet.

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Physiologie des Nervensystems,

vom

ärztlichen Standpunkte

dargestellt.

Von

Dr. G. A. Spiess,

praktischem Arzte in Frankfurt a. M.

gr. 8°. Fein Velinpap. geh. Preis: 2⅔ Thlr.

Wenn die Physiologie im Allgemeinen heutzutage eine der wichtigsten Grundlagen der Pathologie ist, und deren fortgesetztes Studium von keinem denkenden Arzte mehr übersehen werden darf, so ist es namentlich die Nervenphysiologie, welche die praktischen Aerzte vorzugsweise interessirt, und das Buch dürfte um so mehr Beachtung bei diesen finden, als es von dem Standpunkte des Arztes ausgeht.

Handwörterbuch der Physiologie

mit Rücksicht auf

physiologische Pathologie,

in Verbindung mit mehren Gelehrten herausgegeben

von

Dr. Rudolph Wagner,

Professor in Göttingen.

3 Bände von 50—60 Bogen, größtes 8°. Fein Velinpapier.

In Lieferungen von 8 bis 12 Bogen Stärke, je nach dem Ausgange der Artikel, einschließlich der Kupfer und Holzstiche zum Preise von 1 Thlr. die Lieferung.

(Erschienen sind Lieferung 1—9.)

Dieses Handwörterbuch bringt die physiologischen Lehren und viele für die allgemeine Pathologie und praktische Medizin wichtige Abschnitte, in Form gedrängter Monographien nach alphabetischer Ordnung, von Männern bearbeitet, welche dieselben zum Gegenstande specieller Forschungen gemacht haben. So trägt das Wörterbuch mehr den Charakter eines Handbuches, das statt eines Verfassers deren mehre hat. Die Koryphäen dieses Zweiges der Wissenschaft, haben für die Bearbeitung der Artikel ihre Mitwirkung zugesagt und zum Theil schon erfüllt. Bd. I. Lief. 1—6 und Bd. II. Lief. 1—3 enthalten: Leben, Lebenskraft, Instinkt, von Prof. Lotze in Göttingen. Absonderung, Elektricität der Thiere, Ernährung, Flimmerbewegung, Galvanismus (in seiner Einwirkung auf den thierischen Körper), Gewebe des menschlichen und thierischen Körpers, von Prof. Valentin in Bern. Atrophie, von Prof. Canstatt in Erlangen. Aufsaugung, Herz, von Prof. Kürschner in Marburg. Blut, Chylus, Lymphe, von Prof. Nasse in Marburg. Entzündung und ihre Ausgänge, Gewebe (in pathologischer Hinsicht), Hypertrophie, von Prof. Vogel in Göttingen. Fieber, von Prof. Stannius in Rostock. Galle, von Prof. v. Berzelius in Stockholm. Gehirn von Prof. Volkmann in Halle. Geschlechtseigenthümlichkeiten, von Prof. Berthold in Göttingen. Entwickelungsgeschichte, mit besonderer Berücksichtigung der Mißbildungen, von Prof. Th. L. W. Bischoff in Gießen. Harn, von Prof. Lehmann in Leipzig. Haut, von Medicinalrath Prof. Krause in Hannover. Kreislauf des Blutes, von Prof. Bergmann in Göttingen. Leber, von Prof. Theile. Mikroskop, von Prof. Purkinje in Breslau.

Braunschweig. *November* 1844.

PROSPECTUS.

Geschichte der Chemie.

Von

Dr. Hermann Kopp,

außerordentlichem Professor der Physik und Chemie an der Universität Gießen.

Braunschweig, Verlag, Druck und Papier von Friedrich Vieweg und Sohn.

Wenige Fächer der wissenschaftlichen Forschung haben eine so spärliche Bearbeitung gefunden, als die Geschichte der Chemie; für Deutschland namentlich liegt eine Zwischenzeit von beinahe 40 Jahren seit dem Erscheinen dahin einschlagender Werke und der Gegenwart.

Seit mehreren Jahren mit diesem Gegenstand beschäftigt, muß ich jetzt, wo die Vorarbeiten beendigt sind, ein großer Theil des Werks, dem sie zum Grunde liegen, ausgearbeitet ist und der I. Theil des Werks dem Publikum vollendet vorliegt, mich über Plan und Tendenz meiner Arbeit aussprechen.

Der Plan, nach welchem allein mir die historische Darstellung der Chemie gelingen zu können scheint, weicht beträchtlich von dem ab, welchen fast alle bisherigen Bearbeiter dieses Gegenstandes befolgt haben. Diese wollten alle Leistungen aller Chemiker, so gut es geht, in Einer Reihenfolge, in chronologischer Ordnung, anführen. Ein Werk der Art, wenn es auf Vollständigkeit Anspruch machen will, kann nur ein Chaos unzusammenhängender Entdeckungen enthalten; es kann unmöglich einen Ueberblick über die Entwicklung der gesammten Chemie geben.

Und doch ist es so leicht, zu einer deutlichen Vorstellung darüber zu gelangen, sobald man nur die leitenden Ideen der verschiedenen Zeiten fest im Auge behält. Seit mehr als tausend Jahren setzt sich die Chemie allgemeine Aufgaben und hat sie demgemäß Theorien; die theoretischen Ansichten stehen von dieser Zeit an in ununterbrochenem und nothwendigem Zusammenhang; die Arbeiten der Chemiker von dieser Zeit an werden stets von der herrschenden Tendenz bedingt; sie lassen sich leicht unter allgemeine Uebersichten bringen.

Aber der Zusammenhang der herrschenden Ideen, ihr Einfluß auf die Arbeiten und Entdeckungen der Chemiker, läßt sich nur erkennen, wenn man die Tendenz, aus welcher eine Entdeckung hervorging, von dem Resultat der

letzteren zu unterscheiden weiß; wenn man die chemischen Leistungen weniger hinsichtlich des Stoffs, den sie behandeln, als vielmehr in Beziehung auf die Richtung, aus der sie hervorgingen, betrachtet.

Von diesem Gesichtspunkt aufgefaßt, stellt sich die allgemeine Geschichte der Chemie in einem ununterbrochenen, leicht übersehbaren Zusammenhang dar.

Man kann andererseits die Bestrebungen der Chemiker hauptsächlich in Beziehung auf die einzelnen Ansichten, welche sie aus ihren Beobachtungen folgerten, auf die positiven Kenntnisse, welche sie über einzelne Stoffe verbreiteten, betrachten. Aber die Aufschlüsse, welche man hierüber erhält, dürfen nicht hin und wieder zerstreut mitgetheilt werden. Nur wenn man die Geschichte jeder Lehre, jedes Stoffs in Einem Zusammenhang zu geben sucht, gewinnt die specielle Geschichte der Chemie ihr volles Interesse. Nur in diesem Fall auch ist der Geschichtschreiber selbst sicher, nichts ausgelassen zu haben, was zur Erkenntniß eines einzelnen Gegenstandes wesentlich beitrug.

Eine Geschichte der Chemie, welche über die Entwicklung unserer heutigen Kenntnisse im Ganzen wie im Einzelnen eine klare Vorstellung geben will, muß das reiche Material, was vorliegt, in beiden Beziehungen durcharbeiten.

Der Plan, welcher meiner Bearbeitung der Geschichte der Chemie zu Grunde liegt, ist demnach folgender.

Im I. Theile gebe ich die allgemeine Geschichte der Chemie; ihre genetische Darstellung steht im engen Zusammenhang mit der Culturgeschichte überhaupt, und lehnt sich an diese vielfach an. Um die Entwicklung der Chemie anschaulich zu machen, sind die leitenden Ansichten, der Zweck der Chemie, wie er in den verschiedenen Zeiten aufgefaßt wird, und die Art, wie man ihn zu erreichen suchte, vorzüglich hervorzuheben. Dazu dient die Eintheilung in Zeitalter, wobei es auf die scharfe Charakterisirung jedes derselben, und auf die Nachweisung ihres ursächlichen Zusammenhangs unter einander vorzüglich ankommt. Zum Beleg und zur nähern Ausführung der Charakteristik werden die vorzüglichsten Chemiker jedes Zeitalters ausführlicher geschildert.

Die Geschichte der wissenschaftlichen Chemie schließt die der Alchemie nur theilweise in sich. Die specielle Geschichte der Alchemie gebe ich deßhalb gesondert, wobei ich auf Einzelnheiten der alchemistischen Bestrebungen ausführlicher eingehen kann.

Der II. Theil enthält die Geschichte der einzelnen Zweige der Chemie (z. B. der pharmaceutischen, technologischen, mineralogischen, analytischen Chemie u. s. w.) und die Geschichte der theoretischen Lehren (wie z. B. Elemente — chemische Verbindung — Verwandtschaft — Gas — Salz — u. s. w.) in selbstständigen Artikeln; im III. und IV. Theil gebe ich die specielle Geschichte aller einzelnen Substanzen (z. B. Sauerstoff — Schwefelsäure — Quecksilbersublimat — u. s. w.) der unorganischen Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der pharmaceutisch oder technologisch interessanteren Gegenstände, so wie einen vollständigen Ueberblick über die Geschichte der organischen Chemie im Ganzen, und die Geschichte der ihr angehörigen Substanzen ebenso auch einzeln ausgeführt.

Im II. bis IV. Theil wird das Leben und eine kurze Charakteristik der Chemiker, welche in dem I. Theile nicht aufgenommen sind, anmerkungsweise angeführt. Vollständige alphabetische Register werden mit dem IV. Bande ausgegeben.

Jeder einzelne Theil bildet ein selbstständiges Ganze, welches die Geschichte seines Gegenstandes bis zu unserer Epoche heraufführt.

In dem Vorhergehenden ist die Vertheilung des Inhalts angedeutet; ich muß noch die Grenzen angeben, innerhalb welcher die historischen Forschungen in dieser Geschichte aufgenommen sind. Die eine Grenze reicht so weit hinauf, als sich die historische Kenntniß überhaupt erstreckt; die andere ist die Gegenwart. Aber keineswegs sollen alle Arbeiten der Gegenwart hier aufgeführt werden, denn die Geschichte der Chemie soll nicht zugleich ein Lehrbuch sein. Jedes Lehrbuch aber ist für den Zustand der Chemie zu der Zeit seiner Abfassung ein historisches Denkmal. Ich will in der Geschichte der Chemie die allmälige Erkenntniß jedes einzelnen Gegenstandes bis zu dem Zeitpunkt schildern, von wo an unsere neueren Lehrbücher sie enthalten; wie das Lehrbuch angiebt, was wir jetzt über die einzelnen Gegenstände wissen, so soll die Geschichte angeben, was man früher darüber gewußt und wie unsere heutige Erkenntniß sich nach und nach entwickelt hat; die Geschichte der Chemie soll so eine Ergänzung für jedes neuere Lehrbuch sein. Je näher uns also die Zeit liegt, wo noch die Ansichten über gewisse Theile der Wissenschaft beträchtliche Veränderungen erlitten, um so weiter ist für diese die Geschichte heraufzuführen. Bei der organischen Chemie ist z. B. die Geschichte für die letzten Jahre noch specieller zu behandeln, als bei vielen Gegenständen der unorganischen Chemie.

Von Literatur habe ich nur beigefügt, was zur Charakteristik dient und was Hauptquellen betrifft. Vollständig sie zu geben, hätte das Volum zu unverhältnißmäßig vermehrt, und wäre für den Chemiker nicht einmal von Nutzen. Man darf nicht vergessen, daß die Chemie keine historische Wissenschaft ist; in ihr ersetzen sich alle Leistungen stets durch neue. Was der Chemiker von Literatur berücksichtigt, findet er überdies auch in anderen Büchern (L. Gmelin's vortrefflichem Handbuch z. B.) so vollständig, als er es nur immer braucht. Das Anhäufen von Citaten, die nur Büchertitel und Jahrszahlen bieten, und überdies oft einer sehr unzugänglichen Literatur angehören, hielt ich sonach nicht für rathsam; dagegen glaube ich für die specielle Geschichte der Chemie eine richtige Schilderung der Ansichten früherer Zeit dadurch um so mehr zu erreichen, daß ich hier oft die bloße Relation durch Mittheilung von Originalstellen ersetze.

Die Geschichte der Chemie behandelt einen Gegenstand, der in weiterem Kreise als nur für den Chemiker vom Fach interessant erscheint. Zu untersuchen, wie sich die allgemeinen geistigen Bewegungen in einer einzelnen Wissenschaft spiegeln und Fortschritte in der einzelnen Wissenschaft wieder auf die Gesammtintelligenz zurückwirken, den geistigen Einfluß, welchen ein Volk auf das andere ausübt, zu verfolgen — ist für Jeden, den Culturgeschichte interessirt, von Wichtigkeit. — Die innige Verschmelzung, welche die Chemie zu verschiedenen Zeiten mit der Aufstellung philosophischer Ansichten, sodann namentlich

mit der Medicin erfuhr, läßt ihre Geschichte nicht gleichgültig sein für die, welche sich mit diesen anderen Fächern beschäftigen. Die Erweiterung endlich, welche die Chemie der Physik, Mineralogie, Pharmacie, Technologie u. s. w. verdankt und wieder reich vergolten hat, kennen zu lernen, muß Allen von Wichtigkeit sein, welche an diesen letzteren Wissenschaften Antheil nehmen. Nicht leichter kann man sich über das Ineinandergreifen der einzelnen Wissenschaften, über das richtige Verhältniß, in welchem sie zu einander stehen, besser belehren, nicht leicht auf sichereren Grund hin ein richtiges Urtheil über die Bestrebungen der Gegenwart und die oft sich so schroff entgegenstehenden Meinungen erwerben, als durch das Studium der Geschichte einer Wissenschaft, welche in Beziehung auf die Verschiedenartigkeit der Aufgaben, die sie sich setzte, der Einflüsse, die auf sie einwirkten, ihres Ansehens als Hülfswissenschaft endlich, vor den meisten anderen Naturwissenschaften sich auszeichnet. Größern Nutzen aber bringt uns noch dies Studium, und dies war das Ziel, welches dem Verfasser bei der Bearbeitung seines Gegenstandes hauptsächlich vorschwebte: nicht allein die Erwerbung positiver historischer Kenntnisse zu veranlassen und zu fördern, sondern auch den wissenschaftlichen Sinn zu wecken und zu heben, welcher die Entdeckungen Einzelner nur als Beitrag zur Ausbildung des Gesammtorganismus der Wissenschaft, die Erweiterung in der Erkenntniß der einzelnen Disciplin nur als ein Zeichen für die Entwicklung der Gesammtintelligenz ansehen läßt.

Gießen, Juni 1843.

Hermann Kopp.

Mit dem Verlage dieses Werkes beehrt, haben wir dem vorstehenden Prospectus nur hinzuzufügen, daß die »Geschichte der Chemie von Prof. Dr. Hermann Kopp,« welche eine wesentliche Ergänzung jedes neuern Lehrbuches der Chemie bildet, in vier Bänden erscheinen wird, von welchen die ersten beiden bereits ausgegeben sind. Der dritte Band soll zu Ostern und der vierte zu Michaelis des nächsten Jahres folgen. Jeder Band wird mit dem Bildniß eines berühmten Chemikers geziert sein und soll dem ersten das von Lavoisier, dem zweiten das von Berzelius, dem dritten das von Humphry Davy und dem vierten das von Liebig beigegeben werden. Der Preis eines jeden Bandes ist 2½ Thlr.

Druck und Papier sind diesem Prospectus gleich.

Braunschweig, im November 1844.

Friedrich Vieweg und Sohn.

PROSPECTUS.

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn ist erschienen:

Die

Wirbelthiere Europa's.

Von

A. Graf Keyserling und Professor J. H. Blasius.

Erstes Buch: Die unterscheidenden Charactere.

Gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis: 2 Rthr. 8 Ggr.

Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

Wir beabsichtigen, eine Naturgeschichte der Wirbelthiere Europa's, mit der wir seit einer Reihe von Jahren beschäftigt sind, in mehreren auf einander folgenden selbstständigen, jedoch auf einen gemeinsamen Plan bezüglichen Abtheilungen zu bearbeiten. In den beiden ersten Abtheilungen werden wir eine specielle, in den beiden letzten eine allgemeine, vergleichende Darstellung derselben liefern.

Die schon vollendete erste Abtheilung soll die Merkmale zu einer sichern Unterscheidung der Arten, Gattungen und Familien, soweit uns diese in der Natur begründet scheinen, mit begriffsmäſsiger Schärfe feststellen. Zur Erreichung dieser Absicht fanden wir es zweckmäſsig, uns der analytischen Methode der Unterscheidung zu bedienen. Durch sie stellen sich die Gründe der systematischen Trennungen am schärfsten und klarsten, und zugleich für den Gebrauch am bequemsten heraus. Es liegt im Princip derselben, die wirklich unterscheidenden Charaktere in möglichster Kürze anzugeben, und die zur Unterscheidung unbrauchbaren Merkmale auszuschlieſsen. Unsere Methode im Allgemeinen war, zunächst die durch natürliche Eigenschaften begründeten systematischen Einheiten: Familien, Gattungen, die natürlichen Gruppen innerhalb derselben, sowie die Arten, klar zu erkennen, und dann nach Feststellung

dieser natürlich begründeten Erkenntniss eine scharfe, begriffsmäfsige Unterscheidung zu versuchen. Wo eine scharfbegränzte Unterscheidung durch Uebergänge der Formen ineinander unmöglich ist, haben wir auch eine künstliche systematische Abgrenzung für unmöglich und unnütz gehalten. Da wir sämmtliche, in der Unterscheidung sich uns bewährende Charactere angegeben, so hoffen wir in jeder Hinsicht der Einseitigkeit, die man der analytischen Darstellung vorgeworfen, die aber nicht mit Nothwendigkeit in dieser Methode liegt, entgangen zu sein.

Zur Feststellung nicht allein der höheren systematischen Einheiten, sondern auch der Gattungen und Arten, haben wir uns bemüht, Merkmale in der unveränderlichen Architectur der Thiere, in den plastischen Verhältnissen derselben aufzufinden. Dadurch wird es möglich, Charactere der Arten aufzustellen, die von den Modificationen des Alters, der Jahreszeiten und des Geschlechts unabhängig sind. Es haben sich dabei Eigenthümlichkeiten herausgestellt, die bisher ganz oder doch nach dem gröfsten Theil ihrer Anwendung übersehen waren, die, sofern sie die Unterscheidung der höheren systematischen Einheiten, Ordnungen, Familien und Gattungen vermitteln, auf alle exotischen Formen direct anwendbar sind, und bei einer scharfen künstlichen Characteristik zugleich entscheidende Grenzen für natürliche Gruppen abgeben.

Wir haben alle zur Unterscheidung anwendbaren Merkmale mit der in der Natur begründeten absoluten Bestimmtheit ausgesprochen, jedoch zur Erreichung dieser Bestimmtheit es nicht für nöthig erachtet, die Begriffe durch eine pedantisch ängstlich sich von einer allgemein verständlichen Darstellung absondernden Kunstsprache abzugrenzen. Ist ein Ausdruck in bestimmterem Sinne gebraucht, wie es unsere Sprache im Allgemeinen beabsichtigt, so ist dieser bestimmtere Sinn an der Stelle, wo das Wort zuerst auftritt, durch Umschreibung hinreichend erläutert, und im Uebrigen durchgehends consequent angewandt worden. So hoffen wir, bei einer begriffsmäfsigen Schärfe der Darstellung nicht allein dem Zoologen, sondern auch jedem Nicht-Zoologen, der ein Interesse haben könnte, die Thierarten bestimmt und leicht zu unterscheiden, hinreichend verständlich geworden zu sein.

Die bis jetzt vollendeten Bogen enthalten die unterscheidenden Charactere der Säugethiere und Vögel; die der Reptilien und Fische werden in derselben Weise bearbeitet diesen folgen und die erste Abtheilung beschliefsen.

Es liegt in der Natur der Sache und ist alleiniger Zweck einer Characteristik, wie die vorliegende, dass sie die Thierformen nur unterscheidet, die systematischen Einheiten blofs abgrenzt, ohne die Feststellung und den natürlichen Zusammenhang derselben hinreichend begründen zu wollen. Eine begründete Feststellung der Arten, Gattungen und Familien, eine richtige Würdigung ihrer natürlichen Verwandtschaft kann nur Resultat einer detaillirten Auseinandersetzung sämmtlicher Organe sein. Diese Begründung soll nun die zweite Abtheilung durch eine genaue Schilderung der zoologisch anwendbaren Organe, der Architectur der Thiere geben. Diese zweite Abtheilung soll ausführliche Beschreibungen der Arten, und eine specielle Discussion der Gattungs- und Familiencharactere enthalten, deren bestimmte Richtung schon durch die der vorliegenden ersten Abtheilung angedeutet sein mag. An die Spitze

jeder Beschreibung werden wir eine lateinische Diagnose, und die für die historische und kritische Kenntniss der Art wichtigen Erörterungen, Citate und Synonymen stellen. Den Beschreibungen folgen die genauen Angaben über das Vaterland, mit Nachweisung hinreichender Bürgschaften für dieselben, und außerdem die nothwendigen Thatsachen über Standorte, Fortpflanzung und Lebensweise im Allgemeinen. Dieser zweiten Abtheilung werden in ausführlichen Tabellen die genauen Dimensionen der Arten nach französischem Maßstabe beigegeben werden.

Diese beiden speciellen Abtheilungen sollen den beiden folgenden, in denen wir eine vergleichende, allgemeinere Behandlung unseres Gegenstandes sowohl in physischer als in psychischer Hinsicht, zu unternehmen gedenken, zur Grundlage dienen. Wir hoffen jeder dieser vier Abtheilungen, obwohl einem gemeinsamen Plan untergeordnet, hinreichende selbstständige Brauchbarkeit zu geben, um sie einzeln veröffentlichen zu dürfen, und finden es darin auch gerechtfertigt, dass wir über die Zeit des Erscheinens und den Umfang der noch folgenden Arbeiten nichts weiter angeben.

Da unsere Absicht, das zweite Buch zugleich mit dem ersten herauszugeben, äußerer Umstände wegen nicht ausgeführt werden konnte, so sahen wir uns genöthigt, diesem ersten ein systematisches Verzeichniss der Arten beizufügen, in welchem die zur historischen Begründung unserer Nomenclatur unentbehrlichen Citate, sowie eine allgemeine Angabe des Vaterlandes, soweit dies aus zuverlässigen Bürgschaften uns bekannt war, enthalten ist. Diesem Verzeichnisse sind in den Fällen, in welchen wir von den bisher festgestellten Ansichten über bestimmte Arten abzuweichen für nöthig erachteten, kritische Bemerkungen beigefügt, durch welche wir die Gründe unserer Ansicht in der Kürze andeuten wollen. Die in neuerer Zeit entdeckten Formen, so wie die Pallasischen Arten, haben wir zum größten Theil in Originalexemplaren untersuchen können, und die aus solchen Untersuchungen hervorgehenden Zusammenziehungen für verschieden gehaltener Formen in ein und denselben Artbegriff vorläufig ohne weitere Angabe der Gründe unter den Synonymen bemerkt. Zu einer ausführlichen Erörterung werden wir in der zweiten Abtheilung Gelegenheit finden. In Bezug auf die systematischen Namen und die Autoritäten derselben führen wir, ohne über die von Linné an zu datirenden Periode der binären Nomenclatur hinauszugehen, das Recht der Priorität mit strenger Consequenz sowohl für die Gattungs-, als für die Artbenennungen durch.

Im Allgemeinen müssen wir noch erwähnen, dass wir nur wenige Arten nicht aus eigener Untersuchung kennen, dass diese Arten im Text besonders bezeichnet sind, und dass in diesen wenigen Fällen, in denen wir uns auf fremde Untersuchungen verlassen mussten, wir gewissenhaft die Quellen der aufgeführten Thatsachen angeben, um für alles Mitgetheilte auf die eine oder die andere Weise einstehen, und es wissenschaftlich brauchbar machen zu können.

Das Gebiet der Europäischen Fauna haben wir bis zum Ural und Kaukasus ausgedehnt. Alle Arten, die nach zuverlässigen Autoritäten auf diesem Gebiete beobachtet, sind von uns aufgenommen und charac-

terisirt. Demgemäfs zählt unsere Fauna, nach einer strengen Kritik der Arten und nach Ausschluss der noch zweifelhaften Formen 175 Säugethiere und 490 Vögel, erstere in 65 Gattungen und 10 Ordnungen, letztere in 164 Gattungen und 6 Ordnungen vertheilt. Von diesen sind 7 Säugethierarten hier zuerst als neu aufgeführt und characterisirt, und viele andere Arten, besonders Vögel, nach der *Zoographia rosso-asiatica* zuerst als Europäisch aufgenommen. In Bemerkungen sind noch etwa 8 Säugethiere und 26 Vögel, deren bestimmte Aufnahme und specifische Abgrenzung noch nicht hinreichend begründet ist, erwähnt, und durch ihre Merkmale in der Kürze bezeichnet. Die wenigen Hausthiere von nicht Europäischem Ursprung sind unter die Zahl der Arten mit aufgenommen, die übrigen, bei der im Freien vorhandenen Form erwähnt. Für die Aufnahme der Ost-Europäischen und der Asiatischen, zuweilen auf Europäischem Gebiet zufällig angetroffenen Vögel ist Pallas: *Zoographia rosso-asiatica*, als entscheidende Autorität angenommen, und danach mancher, durch unbegründete Berufung auf Pallas entstandene Irrthum verbessert worden. In der Angabe der Verbreitung Europäischer Vögel in Nord-Amerika sind wir Bonaparte's *List of the Birds* gefolgt.

Den Vorsatz zu unserem Unternehmen, wie die Möglichkeit, denselben auszuführen, verdanken wir der Liberalität und Freundschaft Lichtenstein's, unseres Lehrers, der uns die zoologische Sammlung in Berlin zu unbeschränkter Benutzung stellte. Ein grofser Theil dessen, was wir gegenwärtig über die Klasse der Säugethiere, und Alles, was wir in Bezug auf die der Vögel mittheilen, ist Resultat unserer Studien im Berliner Museum. Soweit es uns möglich gewesen, und es unumgänglich war, haben wir die gewonnenen Charactere noch an Exemplaren in Spiritus oder in frischem Zustande zu bestätigen und zu erweitern gesucht. Hermann Nathusius in Hundisburg gab uns durch seine Sammlung ein reiches Material für die kleinen Europäischen Säugethiere in die Hand, und fand sich bereit, die Gattung Sorex für uns zu bearbeiten, über die wir auf keine andere Weise etwas Befriedigendes hätten liefern können.

Braunschweig, im December 1840.

Die Verfasser.

